



# LANDMANDEN SOM VANDFORVALTER

Løsningsmodeller for klimatilpasning – kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 42

2014



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



VANDFORVALTER



[Tom side]

# LANDMANDEN SOM VANDFORVALTER

Løsningsmodeller for klimatilpasning – kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 42

2014

Irene Wiborg<sup>1</sup>  
Brian Kronvang<sup>2</sup>  
Jane Bang Poulsen<sup>2</sup>  
Christen Duus Børgesen<sup>3</sup>  
Hans Jørgen Henriksen<sup>4</sup>  
Torben Sonnenborg<sup>4</sup>  
Jens Christian Refsgaard<sup>4</sup>  
Henrik Vest Sørensen<sup>5</sup>  
Kristina Møberg Jensen<sup>5</sup>  
Torsten Vammen Jacobsen<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Videncentret for Landbrug P/S

<sup>2</sup> Aarhus University, Department of Bioscience

<sup>3</sup> Aarhus University, Institut for Agroøkologi

<sup>4</sup> GEUS

<sup>5</sup> Orbicon

<sup>6</sup> DHI



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



VANDFORVALTER



GEUS



VIDENCENTRET FOR LANDBRUG



LMO



Heden & Fjorden

# Datablad

- Serietitel og nummer: Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 42
- Titel: Landmanden som vandforvalter  
Undertitel: Løsningsmodeller for klimatilpasning - kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget
- Forfattere: Irene Wiborg<sup>1</sup>, Brian Kronvang<sup>2</sup>, Jane Bang Poulsen<sup>2</sup>, Christen Duus Børgesen<sup>3</sup>, Hans Jørgen Henriksen<sup>4</sup>, Torben Sonnenborg<sup>4</sup>, Jens Christian Refsgaard<sup>4</sup>, Henrik Vest Sørensen<sup>5</sup>, Kristina Møberg Jensen<sup>5</sup> & Torsten Vammen Jacobsen<sup>6</sup>
- Institutioner: <sup>1</sup>Videncentret for Landbrug P/S, <sup>2</sup>Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, <sup>3</sup>Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi, <sup>4</sup>De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, <sup>5</sup>Orbicon & <sup>6</sup>DHI
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©  
URL: <http://dce.au.dk>
- Udgivelsesår: September 2014  
Redaktion afsluttet: September 2014  
Redaktion: Irene Wiborg & Marianne Greve, Videncentret for Landbrug P/S samt Brian Kronvang & Jane Bang Poulsen, Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
- Kvalitetssikring, centret: Poul Nordemann Jensen
- Finansiel støtte: Projektet er medfinansieret af "Grønt Udviklings- og Demonstrations Program, GUDP under Fødevareministeriet"
- Bedes citeret: Wiborg, I., Kronvang, B., Poulsen, J.B., Børgesen, C.D., Henriksen, H.J., Sonnenborg, T., Refsgaard, J.C., Sørensen, H.V., Jensen, K.M. & Jacobsen, T.V. 2014. Landmanden som vandforvalter. Løsningsmodeller for klimatilpasning - kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 80 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 42  
<http://dce2.au.dk/pub/TR42.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Klimaforandringerne og ønsket om en renere og mere forskelligartet natur stiller nye teknologiske krav til planlægning og forvaltning af landskabet. Netværket *Landmanden som Vandforvalter* ser de danske landmænd som en central del af løsningen. Landmændene har erfaring med afvandingsforhold og kan f.eks. via kontrollerede oversvømmelser og vandophobning i områder, hvor det er foreneligt med deres produktion, bidrage til at forhindre oversvømmelser i byerne, hvor det er vanskeligt og dyrt at gardere sig mod regnen. Resultaterne af netværksarbejdet kan findes på netværkets hjemmeside [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk).
- Emneord: Klimatilpasning, oversvømmelser, vandtilbageholdelse, landmænd, virkemidler, samspil
- Layout: Grafisk Værksted, AU Silkeborg  
Foto forside: Jane Bang Poulsen
- ISBN: 978-87-7156-085-5  
ISSN (elektronisk): 2244-999X
- Sideantal: 80
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <http://dce2.au.dk/pub/TR42.pdf>



# Indhold

<b>Baggrund</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>1 Indledning</b>	<b>7</b>
<b>2 Virkemidler med landmanden som vandforvalter</b>	<b>8</b>
2.1 Tekniske virkemidler	9
2.2 Naturlige virkemidler	11
2.3 Bedriftsorienterede virkemidler	12
2.4 Eksempel fra Brendstrupkilen	13
<b>3 Beskrivelse af case-områderne og de belyste virkemidler</b>	<b>15</b>
3.1 Storåen – case-området	16
3.2 Hansted og Bygholm Å – case-området	21
3.3 Gudenåen – case-området	26
<b>4 Forretningen for landmanden</b>	<b>35</b>
<b>5 Forretningsmodeller</b>	<b>37</b>
5.1 Kompensationsmodellen	37
5.2 Udbudsmodellen	38
5.3 Samspil mellem de to modeller	39
<b>6 anbefalinger</b>	<b>40</b>
<b>7 Konklusion</b>	<b>43</b>
<b>8 Referencer</b>	<b>44</b>
<b>Bilag</b>	<b>45</b>

[Tom side]

## Baggrund

Oftere og oftere oplever vi skybrud, der er så kraftige, at store dele af Danmark bliver oversvømmet (Søndergaard et al., 2006). Det er dyrt og besværligt, og hver gang der er oversvømmelse, mister både privatpersoner, det offentlige og virksomheder store værdier. Derfor har netværket "Landmanden som Vandforvalter" samarbejdet om at sætte problemstillingerne på dagsordenen og bidraget til debatten om, hvordan vi i samspil kan finde løsninger til alles bedste.

Skybrud er ikke et nyt fænomen i Danmark, men klimaforandringer har bevirket, at det sker stadigt hyppigere. Klimaforandringerne og ønsket om en renere og mere forskelligartet natur stiller nye teknologiske krav til planlægning og forvaltning af landskabet. Derfor er et netværk bestående af Videncentret for Landbrug (VFL), Bioscience og Agroøkologi, Aarhus Universitet, GEUS, Orbicon, DHI samt de lokale landbrugsrådgivningscentre LMO og Heden & Fjorden gået sammen om at udarbejde nogle løsningsmodeller, som myndigheder og landbrug kan lade sig inspirere af, når de skal udforme klimatilpasningsplaner.

Netværket ser de danske landmænd som en central del af løsningen på klimatilpasningsproblematikken. Landmændene har erfaring med afvanding, men kan også f.eks. via kontrollerede oversvømmelser og vandophobning i områder, hvor det er foreneligt med deres produktion, bidrage til at forhindre oversvømmelser i byerne, hvor det er vanskeligt og dyrt at gardere sig mod regnen.

### Inspiration fra Udlandet: Landmanden som forretningsmand

I bl.a. Holland og Skotland fungerer landmænd allerede som vandforvaltere, og herfra er der hentet inspiration. Idéen er ikke, at landmændene skal stille deres jord til rådighed i velgørenhedens tjeneste. Derimod er ideen at skabe et helt nyt forretningsområde for landmændene, som enten kan finde løsninger, der også gavner deres bedrift, eller kan tage betaling for at lade deres jorder oversvømme i regnfulde perioder, frem for at byerne nedstrøms oversvømmes.

Nogle landbrugsarealer er også udfordret af klimaforandringerne, og der er i perioder store problemer med at dyrke markerne pga. oversvømmelser. Men også på landet er det ofte muligt at planlægge sig ud af de store udfordringer med oversvømmelser. Således kan man, hvis man laver planer for oversvømmelserne, i en vis udstrækning selv være med til at udvælge hvilke marker, der bliver oversvømmet, så man kan undgå oversvømmelser af de mest værdifulde landbrugsarealer. Samtidig kan man måske nogle steder bruge landmændenes drænedede marker til at holde på vandet og derefter afgive det over en længere periode, så markerne medvirker til at reducere eller helt forhindre oversvømmelser længere nedstrøms i åsystemet. På den måde er det også muligt at beskytte værdifulde afgrøder.

## Sammenfatning

Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter, har haft som formål at lægge op til at ændre måden, vi håndterer vores klimaudfordringer på. Projektet har arbejdet for at skabe konkrete strategier for vandforvaltning i det åbne landskab, og omdrejningspunkt har været, at dette gøres bedst i et samspil mellem kommuner, landbruget og eksperter. Projektet har arbejdet med landmændene som en central del af løsningen, hvor de med deres erfaring med afvandingsforhold og deres jorde kan indgå i et nyt forretningskoncept, hvor de kompenseres for at tilbageholde vand på deres arealer. Hermed kan oversvømmelser i byerne, hvor det er vanskeligt og dyrt at gardere sig mod regnen, potentielt mindskes.

En del af netværksprojektet har omhandlet udarbejdelsen af tolv konkrete ideer til virkemidler, som beskriver mulige tiltag i forbindelse med vandtilbageholdelse i det åbne land. Overordnet er virkemidlerne inddelt i tekniske, naturlige og bedriftsorienterede virkemidler, dog med mange sammenfaldende elementer. Derudover har der været arbejdet med tre caseområder i henholdsvis Holstebro, Horsens og Silkeborg Kommune, som allerede nu har udfordringer med periodevist for meget vand. I de tre caseområder er de forskellige problemstillinger blevet belyst, og der er blevet udført en analyse af, hvilke af de udviklede virkemidler, der potentielt kan benyttes til en langsigtet klimasikring af områderne. Netværksprojektet har løbende afholdt møder med oplæg og diskussion af de forskellige virkemidler, og arbejdet med de tre case-områder blev opsummeret ved tre seminarer, hvor resultater og analyser blev diskuteret med de berørte kommuner, landmænd og øvrige interessenter. På en afsluttende konference blev hele projektet præsenteret for en bred skare af interessenter, hvor bl.a. virkemidler og fremadrettede perspektiver i klimatilpasning blev diskuteret.

Det er håbet, at resultaterne af netværkets arbejde kan tjene som inspiration for de kommunale, regionale og statslige myndigheder, og at disse nye erfaringer og betragtninger vil blive inddraget i det videre arbejde med miljøforvaltning og klimatilpasning. Deltagerne i projektet er Videncentret for Landbrug (projektleder), Institut for Agroøkologi og Institut for Bioscience ved Aarhus Universitet, GEUS, DHI, Orbicon, LMO og Heden&Fjorden. Derudover har Silkeborg Kommune, Horsens Kommune, Holstebro Kommune, Herning Kommune, Ikast-Brande Kommune samt Herning Vand, Vestforsyningen og Ikast-Brande Spildevand deltaget i forskellige dele af projektet. Sidst men ikke mindst har samarbejdet med engagerede landmænd i de forskellige områder været afgørende for projektets gennemførelse.

# 1 Indledning

Netværksprojektet "Landmanden som Vandforvalter" er et godt eksempel på det vigtige samarbejde mellem private og offentlige aktører fra forskningsverdenen, kommuner, landmænd og virksomheder med speciale eller interesse i vand- og klimatilpasning.

I netværksprojektet er der arbejdet med at finde bud på strategier for klimatilpasning, som matcher de lokale forhold og som giver bedst mulig mening for områdernes aktører. Der har været fokus på at finde win-win løsninger, og der har været fokus på at få aktørernes perspektiver og problemstillinger inkluderet i arbejdet, så der i den sidste ende findes løsninger, der tager hensyn til flest mulige problemstillinger. Det er en anderledes tilgang til miljøforvaltning, hvor aktørerne i stedet for at vente på en generel lovgivning, som man eksempelvis gør i forhold til krav om kvælstofreduktion, forsøger at tilpasse løsningsmodellerne til de enkelte områder, hvor problemerne aktuelt er til stede. Set i et større perspektiv vil vi med denne rapport gerne være med til at ændre måden, vi håndterer vores miljøudfordringer på, samt opfordre til, at det gøres i et samspil, som her i dette tilfælde mellem kommuner, landbruget og eksperter.

Målet er, at ideerne til løsningsmodeller, som præsenteres i denne rapport, kan danne inspiration til, hvordan man fremadrettet arbejder med klimatilpasning lokalt. Samtidig er det vores forhåbning, at de statslige myndigheder vil tage erfaringerne med i deres videre arbejde med miljøforvaltning og klimatilpasning. Fra netværkets side mener vi, at det er vigtigt også fremadrettet at involvere alle interessenter fra start til slut, når der arbejdes med klimatilpasning.



## 2 Virkemidler med landmanden som vandforvalter

Omdrejningspunktet for netværksprojektet har været at undersøge og diskutere forskellige ideer til, hvordan landmanden kan inddrages som en aktiv vandforvalter i klimatilpasningstiltag. Da landmanden råder over betydelige dele af de landområder, som grænser ned til søer og vandløb, har det primære fokus været at udpege, hvilke muligheder der kan være for, at landmanden i perioder stiller arealer til rådighed for opstrøms vandtilbageholdelse, hvorved arealerne enten periodevist eller permanent tages ud af drift.

Et af resultaterne af netværksprojektet er derfor en række konkrete forslag til virkemidler, der f.eks. kan tages i brug i kommunerne og vandselskaberne i forbindelse med klimatilpasningstiltag, med særligt fokus på tiltag der kan gennemføres i landbrugsområder. Tolv konkrete ideer til virkemidler er blevet udarbejdet i et samarbejde i mellem de deltagende organisationer og landmænd (se Tabel 1). Overordnet kan virkemidlerne inddeles i tre kategorier, i forhold til deres forventede virkemåde og den praktiske del omkring etableringen af virkemidlerne: 1) tekniske virkemidler; 2) naturlige virkemidler; 3) bedriftsorienterede virkemidler. På trods af den overordnede inddeling vil de forskellige virkemidler og deres virkemåder i mange tilfælde have sammenfaldende elementer.

I forbindelse med de præsenterede virkemidler er det vigtigt at understrege, at virkemidlerne skal ses som et katalog til at kvalificere de lokale diskussioner om landmandens potentielle rolle i klimatilpasningen, fremfor en endelig liste af virkemidler. I den forbindelse er det også kun et fåtal af virkemidlerne, der er bragt udover idé-stadiet, og hvis effekt er blevet testet med sigte på at tilbageholde vand i landskabet i forbindelse med store nedbørshændelser. Det er derfor nødvendigt med yderligere forskning i mulige virkemidler og et styrket fokus på demonstration og test i praksis.

Der vil lokalt givetvis være store forskelle på, hvilke virkemidler der vil være relevante i forhold til den enkelte landmands bedrift, da det vil afhænge af det specifikke område og problemstillingen. F.eks. vil de mere tekniske virkemidler som dæmninger, sluser og barrierer kunne tages i brug, hvor helt konkrete områder og problemstillinger med for meget vand kan identificeres. Derimod vil de mere naturlige og bedriftsorienterede virkemidler som kontrolleret dræning, vådområder og naturlige lavninger sandsynligvis være mere relevante i forhold til nogle generelle forebyggende tiltag i oplandet. Endvidere skal det bemærkes, at en realisering af de præsenterede virkemidler i nogle områder kan være problematiske både i forhold til Naturbeskyttelsesloven § 3 og øvrig lovgivning. Derfor må det mere detaljerede arbejde omkring vurderingen af de forskellige virkemidlers potentialer afhænge helt af de lokale forhold. De eventuelle barrierer og løsningsforslag for de enkelte virkemidler er beskrevet i detalje i faktaarkene (Bilag 1-13).

**Tabel 1.** Oversigt over de udarbejdede virkemidler.

<b>Virkemiddel</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Type</b>
Søer og reservoirer	Søer eller andre opstrøms områder med opmagasineringskapacitet kan benyttes til at tilbageholde vand via regulering af vandstanden.	Teknisk
Ådale/barrierer	Ådales vandtilbageholdelskapacitet kan udnyttes som opmagasineringsbassiner ved etablering af barrierer på tværs af ådalen.	Teknisk
Dæmninger	Opstrøms dæmningsanlæg med sluseporte kan benyttes til opstuvning af vand under store afstrømningshændelser.	Teknisk
Dobbeltprofiler	Dobbeltprofiler etableres i vandløbet ved at den øvre del af brinkzonen udvides. Kan være med til at sikre hurtig vandafledning.	Teknisk
Grødeskæring	En målrettet ændring/ophør af grødeskæring kan skabe periodevise oversvømmelser på udvalgte landbrugsarealer.	Naturlig
Vandløbsrestaurering	Restaurering af vandløb nedsætter vandføringsevnen og medfører periodevise oversvømmelser, hvorved vand tilbageholdes.	Naturlig
Vådomyråder	Forbindelsen mellem vandløb og omgivelser kan forbedres ved etablering af vådområder, som periodevist kan opmagasinere vand.	Naturlig
Terrænbestemte lavninger	Allerede eksisterende lavninger i landbrugslandskabet kan udnyttes som terrænbestemte retentionsbassiner.	Naturlig
Intelligent udlagte randzoner	Markdræn udmunder i en forgrøft/vådomyråde inden randzonen. Kan forsinke drænvandets afstrømning til vandløbet.	Bedriftsorienteret
Kontrolleret dræning	Ved kontrolleret dræning kan vand potentielt tilbageholdes i det ellers drænedede jordvolumen, hvorved afstrømningen formindskes eller forsinkes.	Bedriftsorienteret
Ændring i arealanvendelse/jordbearbejdning	"Peak flow faktoren" kan formindskes ved at ændre arealanvendelse og jordbearbejdning, hvorved max. afstrømningen formindskes.	Bedriftsorienteret

## 2.1 Tekniske virkemidler

Fire forskellige forslag til *tekniske* virkemidler ses i Tabel 1. Virkemidlerne kaldes *tekniske* da de alle fordrer, at der bygges forskellige tekniske anlæg som kunstige barrierer/dæmninger, eller at eksisterende naturlige områder kunstigt modificeres, for at skabe optimale betingelser for tilbageholdelse af vand. I forhold til landmænd er det med de tekniske virkemidler let at identificere, hvilke arealer der bliver påvirket. Dermed vil de tekniske virkemidler pege hen imod, at der kan anvendes en betalingsmodel for landmændene, hvor der ydes kompensation for de konkrete arealer, som på grund af de tekniske løsninger er påvirkede af øgede oversvømmelser. Det kan endvidere overvejes i forbindelse med installationen af tekniske løsninger, om landmanden med fordel kan ændre arealanvendelsen for det specifikke areal i det bagvedliggende område.

### 2.1.1 Modificering af allerede eksisterende søer og reservoirer (Bilag 1)

Et muligt virkemiddel kunne være modificering af allerede eksisterende søer og reservoirer, hvor f.eks. søvandstanden reguleres (manuelt eller automatisk) via ændring i udløbsstrukturer. Vandstanden kan enten sænkes forud for eller hæves under hændelsen, hvorved et afstrømningsvolumen kan tilbageholdes med nedstrøms nedsat vandføring og vandstand til følge. Derved udnyttes den naturlige bufferkapacitet til at mindske oversvømmelsesrisikoen. Virkemidlet er egnet i risiko-områder nedstrøms sø-arealer eller nedstrøms arealer med mulighed for regulering via reservoirer. Fordelene ved denne type virkemiddel er, at det udgør et aktivt reguleringstiltag, som åbner mulighed for forebyggelse af oversvømmelser via realtidsdata, varsel og beredskab. Samtidig vil det ofte kræve moderate indgreb i landskab og arealanvendelse. En af udfordringerne ved virkemidlet kan være de na-

tur- og miljømæssige konsekvenser, som en kunstig regulering af f.eks. søvandstanden kan medføre, samt eventuelle gener for ejendomme, der ligger ned til søen eller reservoiret.

### **2.1.2 Udnyttelsen af ådale (Bilag 2 og 14)**

Et andet eksempel på et muligt virkemiddel, som ligger tæt op af virkemidler som søer og reservoirer, er udnyttelsen af ådale. Der kan etableres lave kunstige barrierer på tværs af ådalen, hvorved der skabes opmagasineringsbassiner. Vandløbet føres gennem barriererne i rør, som tillader, at en almindelig vandføring løber uhindret igennem. Når vandføringen i vandløbet stiger, vil rørene bremse afstrømningen, hvorved bassinerne fyldes op. Dermed mindskes risikoen for oversvømmelser. Fordelene ved et sådant tiltag er bl.a. at det kan benyttes i områder, der allerede er nødlidende, og samtidig kan det være med til at beskytte værdifulde landbrugsområder. Nogle af udfordringerne ved et sådant virkemiddel kan dog være en risiko for øget fosforudvaskning, at beskyttet natur i kortere perioder kan blive oversvømmet med næringsholdigt vandløbsvand og eventuel overdødelighed og prædation af nedtrækkende smolt fra rovfisk i de oversvømmede arealer. Dog vil disse udfordringer kun kunne forekomme over relativt korte perioder, hvilket begrænser risikoen.

### **2.1.3 Opbygning af dæmninger (Bilag 3)**

Et tredje virkemiddel er opbygning af dæmninger, som er et mere direkte indgreb end de to ovenstående. Virkemidlet kan afhjælpe situationer, hvor f.eks. ekstreme afstrømninger i oplandet medfører omfattende oversvømmelser i urbane områder nedstrøms i vandløbssystemet. Virkemidlet fungerer ved, at der etableres et dæmningsanlæg med sluseporte opstrøms det område, hvor gennemstrømningen ønskes kontrolleret. Med sluseporten kan vandet stuves op til en forud bestemt maksimalkote. Sluseporten lukkes ved ekstreme afstrømninger, hvorved vand kan tilbageholdes ved kontrolleret oversvømmelse af ådalen. Derefter tømmes vandreservoiret langsomt via slusen. Virkemidlet vil oftest medføre betydelige modificeringer af eksisterende eller opbygning af nye anlæg, og virkemidlets benyttelse afhænger derfor helt af de lokale forhold og vil kræve en grundig afvejning af generne ved opbygning af dæmningen i forhold til fordelene ved den potentielle vandtilbageholdelse. Udfordringerne er, som også nævnt ovenfor, en begrænset men dog reel risiko for øget fosforudvaskning fra arealerne, der periodevis oversvømmes, lukning for fri migration af vandrefisk, påvirkning af eksisterende natur i det oversvømmede areal og overdødelighed af nedtrækkende smolt.

### **2.1.4 Dobbeltprofiler i vandløb (Bilag 4)**

Etablering af dobbeltprofiler i vandløb er et fjerde virkemiddel i kategorien *tekniske virkemidler*. Et dobbeltprofil-vandløb opbygges ved, at den øvre del af brinkzonen udvides, samtidig med at selve vandløbet tilpasses i et let varieret forløb midt i profilet. Virkemidlet kan afhjælpe oversvømmelsesrisiko og utilstrækkelige afvandingsforhold på de tilstødende arealer. Det vil evt. også kunne virke som et mindre reservoir, der kan give en kortvarig forsinkelse under kraftige regnhændelser, hvilket dog ikke er testet i praksis. Nogle af udfordringerne ved virkemidlet er, at det vil kræve et stort anlægsarbejde, og det vil samtidig medføre en ressourcekrævende vedligeholdelse.

## 2.2 Naturlige virkemidler

De fire *naturlige* virkemidler dækker over tiltag, som kræver minimale indgreb i naturlige vandløbssystemer, eller hvor indgrebene medfører en skabelse/genetablering af naturlige vandløb og vådområder. I forhold til landmændene, vil de naturlige virkemidler typisk kunne implementeres på arealer som allerede er udfordrede i forhold til for meget vand. Dermed kunne en model for landmanden være, at de allerede påvirkede arealer tages permanent ud af drift i forbindelse med, at der etableres/genetables et vådområde/ådal. Dermed vil landmanden i stedet få mulighed for at benytte arealerne til f.eks. jagt eller i forbindelse med rekreative tiltag. En anden mulighed for landmanden kunne være, at man tillader periodevis oversvømmelser af nogle i forvejen udfordrede arealer, imod en kompensation for tabt arealudnyttelse. På den måde opnås et økonomisk tilskud til arealerne, til gengæld for at de periodevist står til rådighed for oversvømmelse. Denne type virkemiddel er fleksibelt i den forstand, at arealerne ofte vil kunne benyttes af landmanden i perioderne uden oversvømmelse, f.eks. til græsning eller særligt vandtolerante afgrøder.

### 2.2.1 Aktiv udnyttelse af grødeskæring (Bilag 5)

Måltrettet grødeskæring er et af de mulige virkemidler til at påvirke vandføringsevnen i vandløbene, og dermed til at påvirke afstrømningen af vand gennem vandløbene. En måltrettet styring af grødeskæringen kan fremme den ellers uønskede tilbageholdelse af vand på landbrugsarealer, og dermed fremme oversvømmelser på steder, hvor sådanne gør begrænset skade eller ligefrem er udpeget som oversvømmelsesområder. Måden, hvorpå grøden skæres, kan derved være med til at beskytte områder, der er mere følsomme overfor oversvømmelser, ved at lade mindre følsomme arealer oversvømme. Det kan eksempelvis være udpegede landbrugsarealer opstrøms følsomme bygninger eller byer. Brugen af måltrettet grødeskæring som virkemiddel og styreredskab er imidlertid ikke helt ukompliceret, idet den grøde, der skal bremse vandet og skabe styrede oversvømmelser, i de fleste vandløb udviser betydelig tidlig variation, både fra år til år og inden for de enkelte år. Det betyder, at man ikke altid har forudseelige muligheder for at påvirke endelige styre afstrømningen gennem vandløbene og oversvømmelsesmønstret omkring disse gennem måltrettet grødeskæring. Det er dog samtidig vurderingen, at lokalt kendskab sammen med tidsserier af nedbørs, vandstands- og vandføringsdata samt opmålings- og terrændata er nødvendige forudsætninger for at tegne et billede af mulighederne og begrænsningerne.

### 2.2.2 Vandløbsrestaurering og etablering/genetablering af vådområder (Bilag 6, 7 og 8)

Både vandløbsrestaurering og etablering/genetablering af vådområder er tiltag, der potentielt kan benyttes til at forsinke/opmagasinere vand under store afstrømningshændelser. Derfor kan et muligt virkemiddel være restaurering/genslyngning af vandløb, som nedsætter vandføringsevnen. Når de restaurerede vandløb oversvømmer de nærvæd-liggende engarealer / vådområder, bliver vandets opholdstid øget, hvilket potentielt kan bruges som en forsinkelsesmekanisme. På den måde kan store vandstandsstigninger længere nedstrøms forsinkes/formindskes. Udfordringerne ved restaurering/genetableringsprojekter er bl.a., at virkemidlets effekt vil afhænge af de forudgående klimaforhold, i det en forudgående våd periode vil bevirke, at bufferkapaciteten i vådområdet er lille, og dermed vil magasineffekten være begrænset. Samtidig vil virkemidlet kræve, at mange lodsejere er enige om

at gå ind i projektet, da inddragelse af jord ofte vil være nødvendig for gennemførelse. Som ovenfor er der udfordringer i form af en øget risiko for fosforudvaskning fra arealerne, der periodevist oversvømmes og en eventuel påvirkning af eksisterende natur i det oversvømmede areal.

### **2.2.3 Terrænbestemte lavninger (Bilag 9)**

Det fjerde *naturlige* virkemiddel beskriver udnyttelsen af terrænbestemte lavninger. Ofte kan der ved analyse af markers topografi kortlægges "erosionskanaler", hvor vandet ved store nedbørshændelser foretrækker at strømme. Det medfører ofte, at en del af afstrømningen når frem til grøfter/vandløb i koncentrerede zoner. Ved at udnytte disse terrænbestemte lavninger og forstærke dem, f.eks. ved yderligere udgravning, kan de benyttes som retentionsbassiner. Arealerne, hvor bassinerne skal etableres, tages midlertidigt/permanent ud af drift. Dermed bliver en af fordelene ved virkemidlet, at arealerne kan virke som remiser for insekter og planter og øge biodiversiteten i det åbne land. Afhængig af tilgangen til anvendelsen af virkemidlet, kan det være en ingeniørteknisk udfordring at få et billede af den optimale dimensionering og etablering/udbygning af lokale vådområder/lavninger. Frem for at bruge ressourcer på dette kan man alternativt tage en mere pragmatisk tilgang til virkemidlet og blot motivere til, at landmænd uddyber eksisterende fordybninger i marken. Der kan med fordel udarbejdes en praktisk anvisning hertil, baseret på eksisterende erfaringer.

## **2.3 Bedriftsorienterede virkemidler**

De bedriftsorienterede virkemidler dækker over tiltag, som i højere grad end de naturlige og tekniske virkemidler, kan implementeres som en del af den daglige drift, hvor markafstrømningen minimeres enten via. anderledes udnyttelse af drænsystemet, randzoner eller ændring af typen af afgrøder. Dermed vil de bedriftsorienterede virkemidler formentlig i højere grad end de andre virkemidler bero på tiltag, hvor landmanden kan have en større egeninteresse i deltagelse, da tiltagene langt hen ad vejen kan være en fordel for landmanden f.eks. ved minimering af erosion, øget kvælstof-omsætning eller tilbageholdelse af fosfor. Der skal dog tages den væsentlige forholdsregel, at virkemidlerne ikke nødvendigvis vil have den samme effekt på forskellige bedrifter, da effekten helt vil afhænge af de lokale forhold.

### **2.3.1 Intelligente randzoner (Bilag 10 og 11)**

En af de mekanismer, der kan forstærke hurtige vandstandsstigninger i vandløbene, er markdræn, der udmunder i vandløbet. Et muligt virkemiddel kan derfor være etablering af "intelligent" udlagte randzoner, hvor markdræn udmunder i en forgrøft/vådområde inden randzonen i stedet for at løbe direkte ud i vandløbet. Virkemidlet kan være med til at forsinke drænvandets afstrømning til vandløb og vil dermed virke som en minivandbuffer i landskabet under regnhændelser. Desuden kan virkemidlet give effekter i forhold til en øget omsætning af nitrat og tilbageholdelse af partikulært fosfor fra drænvand. Det reelle potentiale for effekten af sådanne randzoner er dog ikke testet endnu, men det indgår i det nystartede forskningsprojekt Buffertech ([www.buffertech.dk](http://www.buffertech.dk)) på Aarhus Universitet og i mini-vådområde-projekterne, som bl.a. Orbicon og VFL arbejder med.



### 2.3.2 Kontrolleret dræning (Bilag 12)

Et andet muligt virkemiddel kunne være at benytte "kontrolleret dræning" til at tilbageholde vand i det frie volumen i jorden, der ofte eksisterer i zonen over fuld vandmætning. Virkemidlet fungerer ved, at drænsystemer "styres" til at afvande jorden til en højere vandspejlshøjde end niveauet for drænenes placering. Dette gøres via hævebrønde, hvor vandspejlet i marken reguleres via et overløb. Virkemidlet vil potentielt kunne tilbageholde vand i rodzonen under kortvarige intensive nedbørshændelser, når vandet forud for en sådan varslet kraftig regn udtømmes fra rodzonen. Det er endnu ikke testet under danske forhold, om kontrolleret dræning potentielt også kan benyttes til aktiv tilbageholdelse af vand.

### 2.3.3 Ændring i arealanvendelse/jordbearbejdning (Bilag 13)

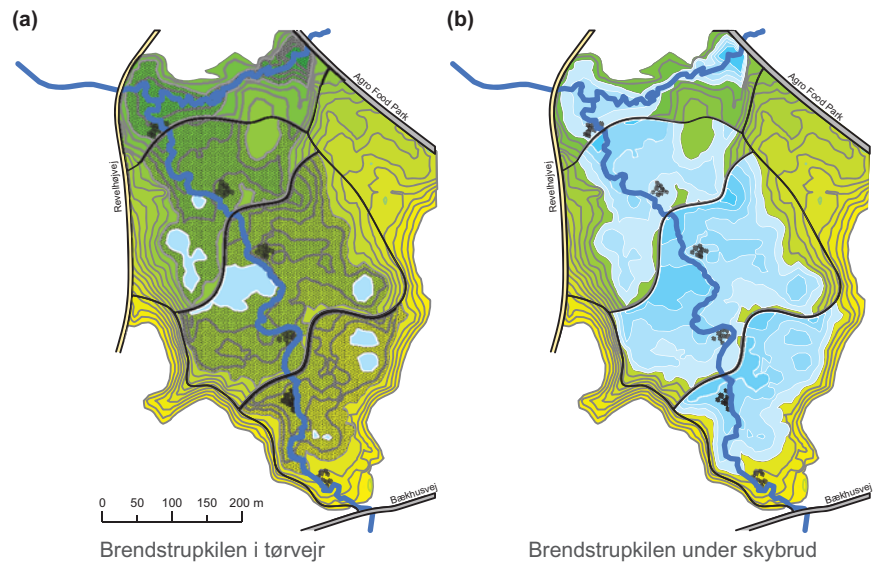
Et tredje muligt virkemiddel er en direkte ændring i arealanvendelse/jordbearbejdningen, så afstrømningskoefficienter og dermed "peak flow" faktor reduceres. Dette kan potentielt være med til at mindske den direkte afstrømning på jordoverfladen og dermed i sidste ende reducere vandløbsafstrømningen. Nogle af fordelene ved virkemidlet er, at det samtidig kan være med til at reducere erosion og dermed sedimenttransport fra marken til vandløbet. En af virkemidlets udfordringer er, at det kan være vanskeligt at forudsige effekten af ændret arealanvendelse/jordbearbejdning på afstrømningen, da mange forskellige fysiske og hydrologiske faktorer spiller en rolle.

## 2.4 Eksempel fra Brendstrupkilen

Et virkemiddel, som indgår i et konkret projektforslag omkring vandtilbageholdelse, er den naturlige ådal Brendstrupkilen i Skejby, nord for Aarhus (se Bilag 14). Her har Orbicon i samarbejde med Aarhus Kommune udarbejdet forslag til skybrudsbassiner, der skal beskytte arealerne omkring Egå, som er meget påvirkede af oversvømmelser under store nedbørshændelser. Brendstrupkilen gennemskæres af et reguleret vandløb og forslaget går ud på, at der etableres tre kunstige barrierer på tværs af ådalen, hvorved tre opmagasineringsbassiner opstår. Vandløbet føres igennem barriererne i rør, hvis dimensioner tillader, at en almindelig vandføring løber uhindret igennem. Derimod vil rørene bremse afstrømningen, når vandføringen i vandløbet stiger over et vist niveau, indtil der er stuvet så meget vand op, at det løber hen over barrieren. Et ad gangen vil de tre bassiner fyldes (se Figur 1). På den måde bliver den maksimale vandføring i vandløbet mindre, og risikoen for nedstrøms oversvømmelser mindskes.

Der er forskellige muligheder for, hvordan arealanvendelsen kan se ud efter en eventuel etablering af sådanne barrierer. Én mulighed kan være, at landbrugsarealerne fortsat dyrkes, dog med vandtolerante afgrøder, der kan tåle periodevise oversvømmelser. En anden mulighed kan være, at nogle af områderne omlægges til natur, hvilket kan skabe bynære rekreative muligheder.

**Figur 1.** Eksempler på Brendstrupkilens udseende i tørvej og under skybrud, efter etablering af tre barrierer (optrukne sorte streger) på tværs af ådalen. Eksemplet viser en situation, hvor vandløbet i ådalen er bragt tilbage til et naturligt slyngende forløb.



### 3 Beskrivelse af case-områderne og de belyste virkemidler

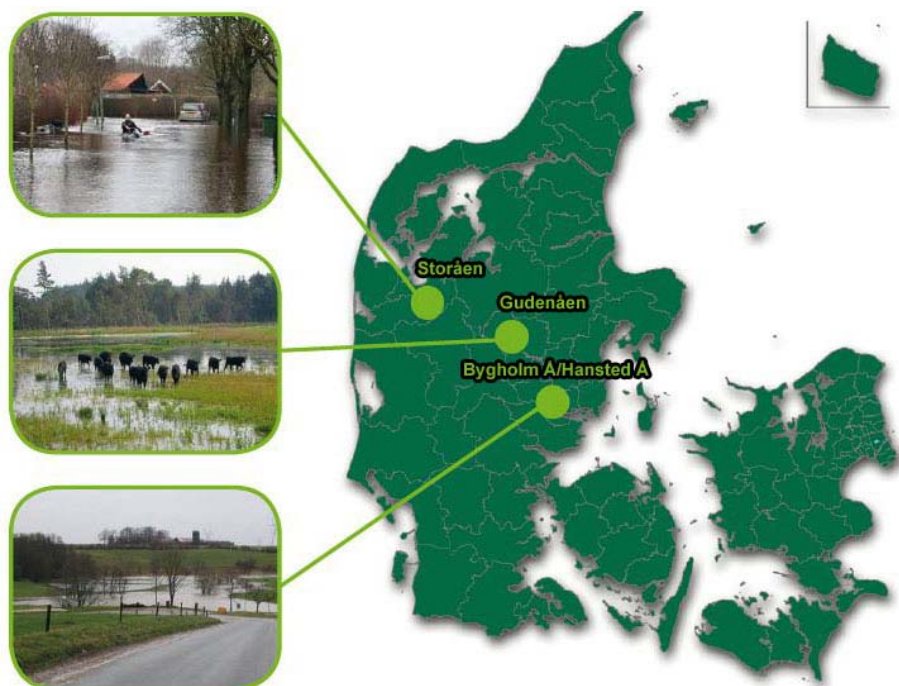
I netværksprojektet har der været arbejdet detaljeret med tre forskellige *case-områder* (se Figur 2). Udgangspunktet for de udvalgte case-områder har været at se nærmere på nogle af de områder, hvor såvel kommuner som landmænd allerede har udfordringer med oversvømmelser. Målet med arbejdet omkring case-områderne har dels været at samle erfaringer med at identificere problemstillingerne ved at gå i tæt dialog med aktørerne i de givne områder og dels at undersøge og diskutere forskellige løsningsmuligheder, bl.a. ud fra det katalog af virkemidler, som netværket har arbejdet med. Samtidig har målet været, at de erfaringer, der opnås i forbindelse med de tre case-områder, kan blive udbredt til alle kommuner, der er eller bliver påvirket af ændrede klimaforhold. I forbindelse med projektforløbet er det også kommet til at stå klart, at det er afgørende, at det er de samlede vandløbssystemer, der betragtes, når problemstillingerne omkring klimatilpasning skal løses, da vand jo ikke kender hverken ejendomsskel eller kommuneskel.

De tre oplande, der udgør case-områderne, er:

Storåens opland (med udgangspunkt i Holstebro),  
Gudenåens opland (med udgangspunkt i Silkeborg)  
Bygholm Å og Hansted Å (med udgangspunkt i Horsens).

I de nedenstående case-beskrivelser er det tydeligt, at de enkelte områder er udfordret forskelligt i forhold til klimaforandringerne. Samtidig er fokus i de tre case beskrivelser forskellige, både på grund af de helt forskellige problemstillinger, men også fordi de områdeansvarlige for de tre cases har forskellige baggrunde og har benyttet forskellige indgangsvinkler baseret på deres ekspertiseområder. Storå-casen har således været ledet af Orbicon, Bygholm Å og Store Hansted Å -casen har været ledet af GEUS, og Gudenå-casen har været ledet af DHI og Institut for Agroøkologi Aarhus Universitet. Udover de områdeansvarlige har det samlede netværk været involveret i både identificering af problemstillingerne og i udarbejdelsen af mulige løsninger i alle tre cases.

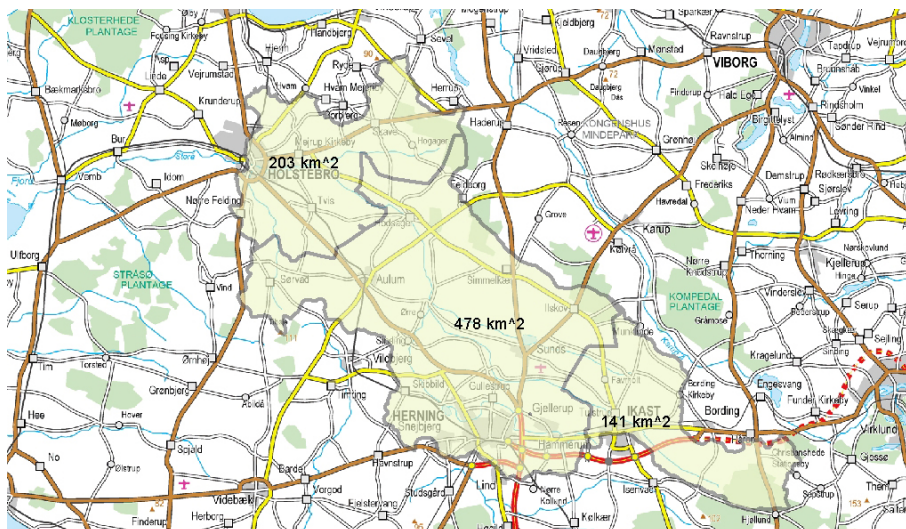
**Figur 2.** De tre caseområders geografiske placering.



### 3.1 Storåen – case-området

Storåen er med sin længde på 104 km Danmarks næst-længste vandløb. Vandløbet udspringer sydøst for Ikast og har udløb i Nissum Fjord ved Holstebro by. Storåen har et afvandingsareal på 1565 km<sup>2</sup> og løber igennem Ikast-Brande Kommune, Herning Kommune og Holstebro Kommune (se Figur 3).

**Figur 3.** Oversigt over Storåens oplande fordelt på Ikast-Brande, Herning og Holstebro Kommune.



#### 3.1.1 Problemstillingen omkring Storåen

Storåen er ofte nævnt i medierne i forbindelse med de klimamæssige udfordringer, Danmark står overfor, og som kommunerne skal tage hånd om i deres klimatilpasningsplaner. Dette skyldes hovedsageligt de store udfordringer med oversvømmelser, der har været i Holstebro by. Storåen løber gennem byen og ved meget store afstrømninger, som statistisk indtræffer i gennemsnit ca. hvert 9. år, løber vandløbet over sine bredder og ind imellem husene i den lavt beliggende bydel i vest. Den seneste oversvømmelse skete i 2011, hvor mange ejendomme og tekniske anlæg blev ødelagt (se Figur 4).





**Figur 4.** Foto fra Holstebro by ved oversvømmelseshændelsen i 2011.

Der har inden for de seneste 90 år været ni betydende situationer, hvor vandstandene har været problematiske. Holstebro by får problemer med oversvømmelse ved vandstandskoter højere end 9,2 m. Statistisk set kan man hvert 25. år forvente at vandstanden i byen kommer op i kote 10,2 m. I 1970 oplevede man en vandstand på 10,79 m, hvilket svarer til en 1000-års hændelse. Med de forventede klimaforandringer vil nedbøren og dermed også vandføringen og vandstanden i Storå stige. Dermed vil en 25 års hændelse i år 2100 give en vandstand på 10,36 m, dvs. 34 cm mere end en nuværende 25 års hændelse.

Længere opstrøms i Herning Kommune oplever man også problemer med oversvømmelser af de ånære arealer. Senest var det i 2011 med skader på især landbrugsarealer, veje og overkørsler. I Herning by har man ikke oplevet oversvømmelser af de bynære områder, men oplevet, at forhøjede vandstande påvirker det centrale rensningsanlæg, som derved ikke kan komme af med det rensede spildevand. En golfbane, der ligger umiddelbart øst for byen, oplever også til tider generende vand på terræn.

I Ikast-Brande kommune, der ligger øverst i oplandet, er der ikke problemer med oversvømmelser fra Storå. De oversvømmelsesmæssige problemer kommunen har, hidrører fra Brande Å, som ligger i Skjernåens opland.



### **Årsager til problemstillingen**

Oversvømmelserne fra Storåen er sket som følge af snesmeltning og/eller længere perioder med regn, som medfører, at de naturlige reservoirs bliver fyldt op, og dermed hæves vandstanden i Storåen. Det er således ikke lokale skybrud, defineret som mere end 15 mm nedbør på en halv time, der har været årsag til oversvømmelserne.

Problemer med oversvømmelse i oplandet til Storåen tyder ikke på at blive mindre med de klimaændringer, der forventes at ville indtræffe de kommende år. Forsyningsvirksomhederne har længe haft fokus på dette, da en del af vandet fra oplandet i dag opsamles og forsinkes i regnvandsbassiner langs vandløbet. Herning Vand tilbageholder i dag 250.000 m<sup>3</sup> vand i forskellige typer af regnvandsbassiner og estimerer, at der i fremtiden vil blive behov for et volumen på det dobbelte. Dette vil medføre, at Herning Vand alene skal investere 75-125 mio. kr., hvis der skal etableres traditionelle regnvandsbassiner. Der er derfor fokus på at finde mere økonomisk rentable løsningsmuligheder for tilbageholdelse af vand i oplandet blandt andet ved at udnytte de ånære arealer.

Ideen med netværksprojektet "Landmanden som Vandforvalter" er netop at sætte fokus på økonomiske rentable løsninger på tilbageholdelse af vand i det åbne land, og det har været en stor motivationsfaktor for de tre kommunernes forsyningsvirksomheder (Herning Vand, Vestforsyningen og Ikast-Brande Forsyning), der også har været en del af det faglige netværk i Storåcasen tillige med landbrugsorganisationerne, kommunernes politikere og videninstitutionerne.

### **3.1.2 Storåen - løsningsmuligheder**

De forskellige virkemidler blev præsenteret og diskuteret på et case-seminar i Holstebro d. 3. marts 2014 med deltagelse af ca. 60 interessenter. På case-seminaret blev henholdsvis kommunernes, forsyningernes og landmandens udfordringer med oversvømmelser langs Storå fremlagt, og de kom med deres syn på muligheder for at bidrage til løsning af oversvømmelsesproblemerne. Herefter blev de virkemidler, der er arbejdet med i "Landmanden som Vandforvalter", fremlagt sammen med tankerne omkring forretningsmodeller for landmanden. Dagen blev rundet af med en debat i plenum, hvor alle interessenter kunne fremlægge deres synspunkter og meninger om arbejdet i "Landmanden som Vandforvalter". De løsningsmuligheder der blev peget på fremgår af Tabel 2.

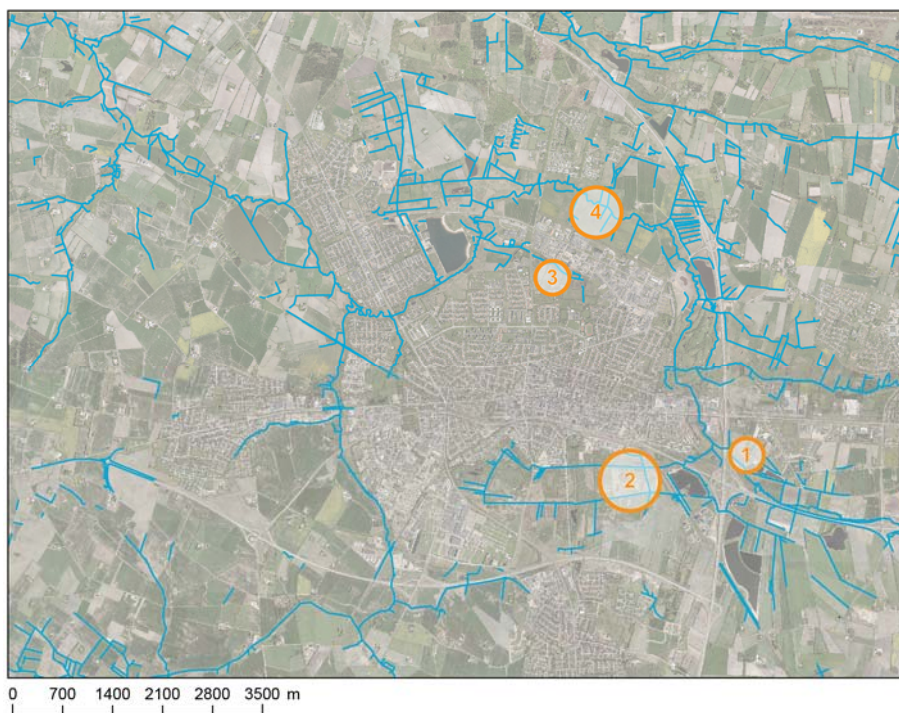
**Table 2.** Mulige virkemidler i oplandet til Storå.

Type virkemiddel	Lokal implementering	Formål	Estimeret effekt
Vådømråder	4 bynære vådømråder ved terrænregulering ved Herningsholm Å i Herning	At skabe forsinkelse ved opmagasinering af vand i det ånære areal At Sikre afledning af spildevand fra centralrenseanlægget At skabe nye rekreative områder for borgerne	20 cm sænkning af maksimal vandstand
Dobbeltprofil og restaurering af vandløb	Udvidelse af gennemløbet under Storebro i Holstebro by kombineret med en uddybning af åen (forskellige scenarier er beregnet)	Udvidelse af Storåens vandføringsevne samt fald i vandstand.	Op til 26 cm sænkning af maksimal vandstand
Etablering af dæmning	Etableringen af et dæmningsanlæg opstrøms den eksisterende vandkraftssø ved Holstebro by	At reducere væsentligt på maksimalvandstanden i byen ved store afstrømninger	Tilbageholdelse af op til 5 mio. m <sup>3</sup> vand og sænkning af vandstanden op til ca. 70 cm i byen
Terrænbestemte lavninger	Kan etableres i hele oplandet til Storå	Forsinker mindre vandmængder jævnt i hele oplandet, hvor terrænet tillader det. Vandet tilbageholdes inden det løber i vandløb eller grøft	Effekten afhænger helt af antallet af lavninger der etableres. Virker bedst lokalt
Intelligente randzoner	Kan med fordel etableres hvor der er udpeget randzoner og hvor faldet er til det	Virker udlignende på basisafstrømningen til Storeå	Yderligere undersøgelser skal iværksættes
Etablering af barrierer i ådalen	Kan etableres flere steder i ådalene samtidig med af arealanvendelsen opretholdes	Forsinkelse afstrømningen i Storå – fungerer bedst ved skybrud	Projekttypen er skalerbar og kan i en vis udstrækning tilpasses behovet

### Etablering af vådømråder ved terrænregulering

Der er allerede iværksat tiltag i oplandet til Storåen. Herning Kommune har iværksat fire bynære projekter, der har til formål at forsinke afstrømningen til Herningsholm Å, der er en del af Storåsystemet. Her anvendes værktøjet "Opmagasinerings af vand i vådømråder" (se Bilag 7). På figur 5 ses de fire projekters placering. I alle fire projekter skabes forsinkelsen ved opmagasinering af vand ved større afstrømninger. I projekt 1 og 4 gennemføres en terrænregulering langs Herningsholms Å, hvorved der bliver mulighed for, at vandløbet kan strømme ind på terræn og derved skabe forsinkelsen. I projekt 2 etableres et projekt for akkumulering af vand i et eksisterende moseområde. Projekt 3 er Lillelund Engpark, hvor der skal etableres et søområde, der udover at forsinke afstrømningen, samtidig skal virke som rekreativt område for byens borgere. De fire projekter forventes at resultere i en 20 cm. sænkning af maksimalvandstandene, der er generende for bl.a. afledning af rensed spildevand fra centralrensningsanlægget.

**Figur 5.** Herning Kommune har iværksat fire bynære projekter, der har til formål at forsinke afstrømningen til Herningsholm Å, der er en del af Storåsystemet. Her anvendes værktøjet ”Opmagasinering af vand i vådområder” – dette er yderligere beskrevet i netværkets faktaark (se Bilag 7).



#### **Udvidelse af Storebro og etablering af dæmning**

I Holstebro by er oversvømmelserne, som tidligere beskrevet, mere massive. At forsinke vandet i oplandet er her mere komplekst, da oplandet og dermed afstrømningerne er meget større end tilfældet er ved Herning by, hvilket kræver meget store reservoirer for at skabe den fornødne forsinkelse.

Kommunen arbejder på flere fronter for at imødegå oversvømmelserne. Et af de projekter, der er i støbeskeen, er en udvidelse af gennemløbet under Storebro, som i dag virker som en flaskehals for vandets gennemstrømning. Her udvides vandløbsprofilen under cykelstierne på hver side af åen med en efterfølgende hævnning af cykelstien. Udvidelsen kombineres med en uddybning nedstrøms Storebro. Der arbejdes med tre forskellige scenarier med forskellige koter under cykelstien og varierende længde og dybde af afgravningen af Storeåen nedstrøms. Tiltagene forventes at medføre en sænkning af den maksimale vandstand på 4- 26 cm.

Et andet projekt, der arbejdes med, er etableringen af et dæmningsanlæg opstrøms den eksisterende vandkraftsø, hvor der kan skabes mulighed for tilbageholdelse af op til 5 mio. m<sup>3</sup> vand, hvilket vil reducere maksimalvandstanden i byen væsentligt under store afstrømninger (se Bilag 3). Men selv et så stort dæmningsanlæg vil ikke kunne afbøde alle oversvømmelser i byen. Projektet skal således kombineres med andre virkemidler, såfremt alle oversvømmelser skal hindres.

#### **Andre mulige virkemidler**

Af andre virkemidler blev der peget på muligheden for at udnytte terrænbestemte lavninger langs vandløb og grøfter, hvor man udnytter de lavtliggende landbrugsområder til at forsinke mindre vandmængder (se Bilag 9). En overordnet terrænanalyse blev udført på oplandet til Storå. Analysen viste, at det kun i mindre omfang ville være relevant at etablere dette virkemiddel netop her, da terrænet i oplandet er meget fladt og meget sandet, hvilket giver forholdsvis mindre afstrømning på terræn.

Anvendelsen af de i vandplanen udpegede randzoner til at tilbageholde vand er også et muligt virkemiddel, der vil kunne anvendes i Storå (se Bilag 11). Et andet virkemiddel kunne være etablering af barrierer i oplandet, som beskrevet i eksemplet fra Brendstrupkilen i Aarhus (se Bilag 2 og 14). For begge virkemidler gælder, at der er behov for yderligere undersøgelser af, hvor meget vand tiltagene vil kunne tilbageholde, samt hvor det vil være muligt at etablere dem i oplandet til Storå

### 3.1.3 Storå – opsummering

Generelt i Storåens opland mangler kommunerne et overblik over supplerende / alternative forsinkelsesmuligheder i oplandet. En af årsagerne er bl.a., at der er mange af de mulige virkemidler, der endnu ikke er tilstrækkeligt undersøgt / kvantificeret, så det har været svært for kommunerne at inddrage dem i deres klimatilpasningsplaner. På case-seminaret påpegede flere af landbrugsorganisationerne ligeledes, at der er behov for at få sat flere tal på virkemidlerne. Hvilke virkemidler virker i Storå, og hvor meget kan der tilbageholdes ved at anvende dem? Med baggrund i dette vil landmanden gerne vide, hvor han kan hjælpe, hvor meget landbrugsjord der er behov for periodevist at oversvømme, og hvilken erstatning han vil kunne få.

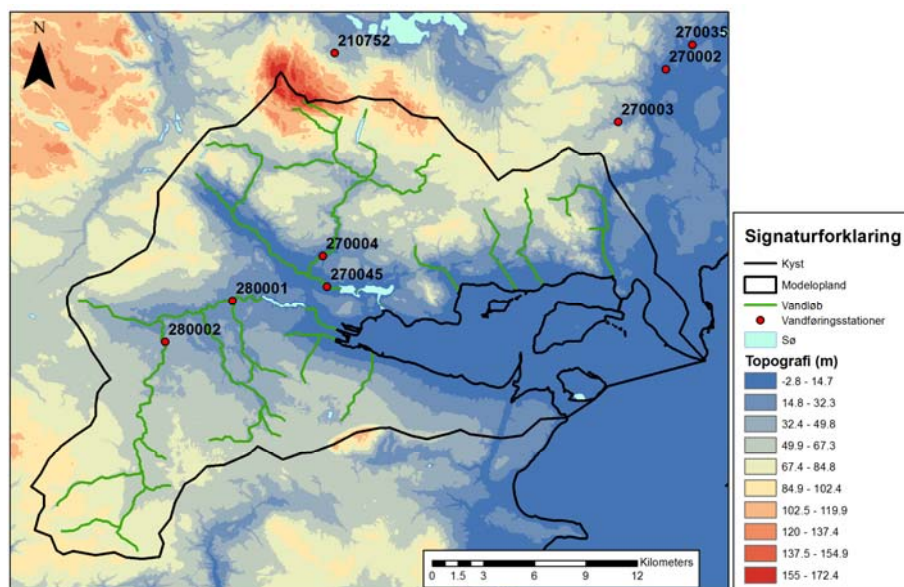
## 3.2 Hansted og Bygholm Å – case-området

Bygholm og Hansted Å er beliggende i Østjylland i oplandet til Horsens Fjord. Den nordlige del af oplandet (Lille Hansted Å /Skanderborg kommune) er kuperet med lerede jorde, mens den sydlige del mod Vejle (Hedensted kommune) er fladt med sandede jorde (se Figur 6). Der er oversvømmelsesproblemer omkring Hedensted med potentielt vandlidende områder omkring vandløb, og sikring mod oversvømmelser langs Gesager å/Bjørnkjær grøft som følge af øgede mængder overfladisk afstrømning fra transportcentret i Vejle kommune. Også omkring Horsens by er der problemer, som udover oversvømmelser fra oplandet er truet af oversvømmelse i forbindelse med stormflod.

Ved langvarig kraftig regn eller ved tøbrud, hvor det sætter ind med regn samtidig med at der ligger sne, kan Bygholm og Hansted Å, der løber henholdsvis helt og delvist gennem Horsens by, give oversvømmelser i dele af byen. Det gælder områder både langs Hansted Å (Hansted enge og byområder opstrøms og omkring Nørrestrand) og langs Bygholm Å, der løber gennem bymidten af Horsens, hvor man hyppigt har oplevet oversvømmelses hændelser i eksisterende bebyggelse, opstuvning af kloakvand (ved høj vandstand i åerne og/eller Horsens fjord), oversvømmelser af landbrugsarealer samt veje og områder med ønsker til byudvikling.

Afstrømningsforholdene opstrøms Horsens by i Bygholm Å har følgende 20-års hændelser: Hansted Å (vinter) 7,6 m<sup>3</sup>/s, Hansted Å (sommer) 2,7 m<sup>3</sup>/s, Bygholm Å (vinter) 11,7 m<sup>3</sup>/s og Bygholm Å (sommer) 3,5 m<sup>3</sup>/s, altså med de klart største afstrømninger i vinterhalvåret typisk i forbindelse med tøbrud. Ved store afstrømninger i vinterhalvåret og ved samtidigt højvande i fjorden vil store dele af Horsens Midtby blive oversvømmet. Forholdene er her mest kritiske i Bygholm å, idet der i Hansted Å er en højvandssluse, der i forbindelse med Nørrestrand forhindrer opstuvning fra fjorden i at nå op i Hansted Å systemet. I Bygholm Å er der mere begrænset mulighed for at regulere tilløbet til byen ved Bygholm sø, medmindre man i særlige kritiske hændelser i forbindelse med tøbrud vælger at sænke vandspejlet i søen.

**Figur 6.** Oplandet til Bygholm Å og Hansted Å med vandføringsstationer opstrøms Horsens: 270004 LI Hansted Å og 280001 Bygholm Å.

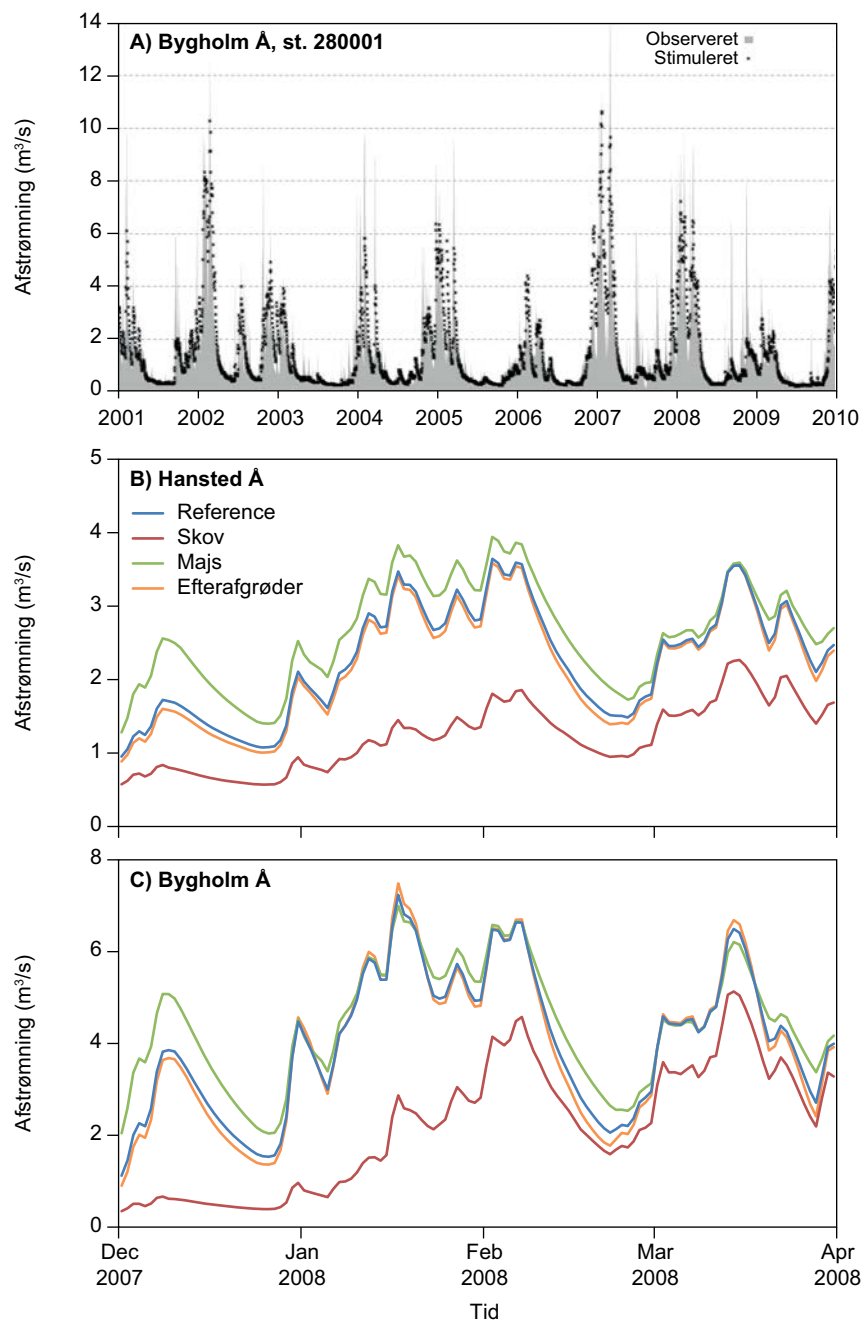


Casen er karakteriseret ved mange forskellige aktører, der har interesse i at finde løsninger på udfordringerne med ændret klima og måder at holde vand tilbage eller tage toppen af maksimum-afstrømningen fra oplandet og dermed reducere risikoen for oversvømmelser i f.eks. Hedensted og Horsens by.

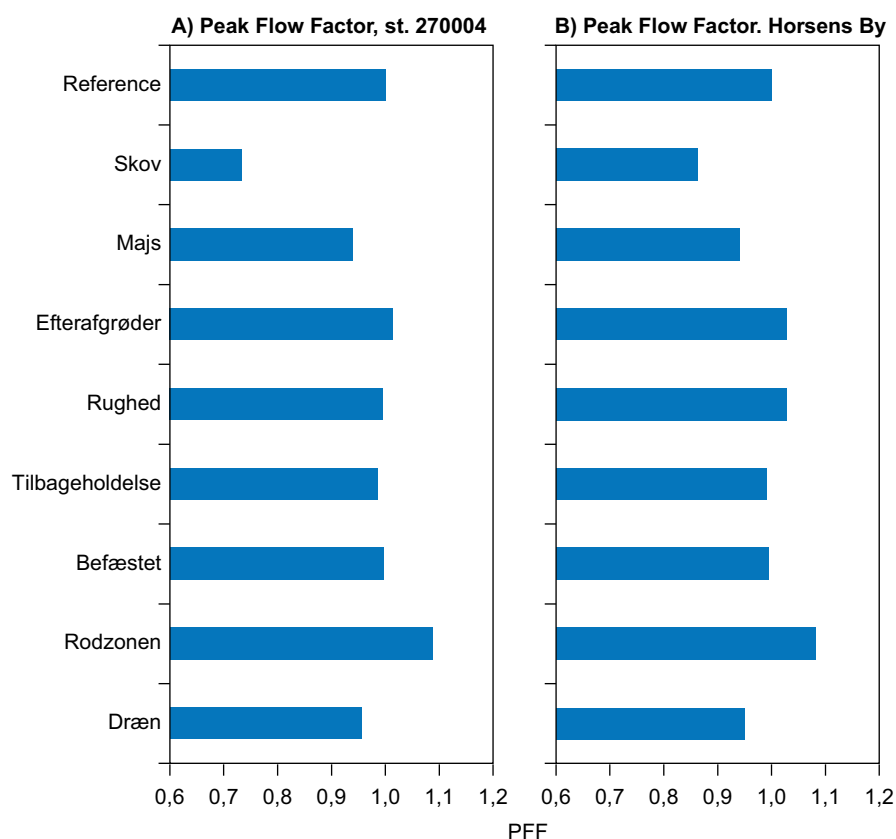
Klimaeffekter på ekstremværdiafstrømninger 2021-2050 ( $Q_{max} T=10$  år) for Bygholm og Hansted Å oplandet er i en anden undersøgelse vurderet til en klimafaktor med maksimum afstrømning på 1,15 – 1,2 for hele året (Henriksen et al., 2014). I Hansted Å forventes en 10-års hændelse at blive øget med en faktor 1,24 (usikkerhedsbånd 0,74-1,73) og for en 100-års hændelse med faktor 1,29 (usikkerhedsbånd 0,80-1,78). I Bygholm Å forventes ændringer på 1,12 (usikkerhedsbånd 0,86-1,37) for en 10-års hændelse og 1,04 (usikkerhedsbånd 0,67-1,14) for en 100 års hændelse (Henriksen et al. 2014). Tilsvarende resultater blev fundet for sommerperioden med en klimafaktor på hhv. 1,13 og 1,38 for Hansted Å for en 10-års og en 100-års hændelse. Bygholm Å gav resultater på hhv. 1,11 og 1,19 for sommerperioden og 10-års og 100-års hændelse. Der må derfor forventes større afstrømninger fra oplandet i fremtiden, og en modvirkning af forventede øgede vinterafstrømninger gennem tiltag vil dermed kræve en "peak flow faktor" på omkring 0,80. Fokus i casen har været at kigge nærmere på arealanvendelse og betydning heraf for maksimumsafstrømninger og dermed risiko for oversvømmelser i nedstrøms byområder.

Hansted og Bygholm Å casen med vandføringsstationer i LI Hansted Å (270004) og Bygholm Å (280001) er analyseret ved hjælp af en hydrologisk model, der regner på grundvands-overfladevandssystemet (MIKE SHE med grundvand, rodzone, fordampning og overfladeafstrømning i vandløb og på jordoverfladen). Modellen er kørt på basis af daglige data for nedbør og temperatur. I Figur 7 er vist eksempler på kalibrering af model og følsomhedsanalyser af ændret arealanvendelse. En sammenfatning af scenarie beregninger fremgår af Figur 8.

**Figur 7.** Eksempler på følsomhedsanalyser for forskellige arealanvendelser



**Figur 8.** Resultater af scenarie-analyser på peak flow faktorer (forøgelse af max afstrømning).



### 3.2.1 Hansted og Bygholm Å – løsningsmuligheder

Fokus i klimatilpasningsplanerne har i casens kommuner primært være rettet mod risiko for oversvømmelse i byerne, hvor de største materielle skader kan forekomme. Løsningerne til at modvirke oversvømmelse kan imidlertid både ligge i og omkring byen og i oplandet.

I Bygholm og Hansted Å casen har der været fokuseret på interessant involvering fra starten gennem to forberedende møder i 2013 med Horsens kommune, GEUS, VFL og LMO, hvor deltagerkredsen gradvist er blevet udvidet frem mod case-seminaret afholdt den 17. marts 2014 i Horsens. Der var 25 deltagere til case-seminaret i Horsens, fra kommuner, vandselskaber, forskere/netværket, regioner, landmænd/lodsejere og landbrugsrådgivere samt ildsjæle. På seminaret blev der taget udgangspunkt i kommunernes udfordringer i forbindelse med klimatilpasning samt landbrugets syn på mulige tiltag til vandtilbageholdelse i oplandet. På baggrund af kataloget med de 12 virkemidler gav deltagerne forskellige indlæg om betydning af arealanvendelsen. For at få et indblik i størrelsesordener af effekter fra forskellige virkemidler blev der præsenteret resultater fra modelbaserede scenariekørsler (følsomhedsanalyser). Herefter blev forretningsmodeller og løsningsmuligheder drøftet, sidstnævnte gennem et gruppearbejde og efterfølgende med diskussion i plenum. Der var fokus på betydning af arealanvendelse f.eks. i forbindelse med minivådområder, vandløbsvedligeholdelse/grødeskæring, betydning af jordbearbejdning, afgrødevalg og efterafgrøder, dræningens betydning, betydning af ændret arealanvendelse, jævnfør scenariekørsler med modellen, og klimaændringernes effekt på maksimumafstrømning og oversvømmelse fra vandløb.



En oversigt over gennemførte virkemiddelanalyser i Bygholm og Hansted Å casen findes i Tabel 3. Mulige virkemidler der er analyseret ved hjælp af modelkørsler er:

- Ændret areal-anvendelse
- Mere skov (nåleskov og energiafgrøder)
- Betydning af majs som afgrøde
- Betydning af jordbearbejdningen
- Betydning af dræning.

Analysen viste, at tiltag på jordoverfladen generelt har meget lille betydning for maksimum afstrømningen fra oplandet. Det samme gælder grødeskæring i vandløb og etablering af vådområder, med mindre meget betydelige områder kan udlægges til vådområder.

**Tabel 3.** Mulige virkemidler i oplandet til Bygholm og Hansted Å.

Type virkemiddel	Lokal implementering	Formål	Estimeret effekt
Vådområder	Vådområde Bygholm enge ved Horsens (etableret af hensyn til kvælstofreduktion, ialt 24 ha)	At tilbageholde vand og kvælstof ved opmagasinerings i det ånære areal	Har ingen væsentlig effekt på de store vinterafstrømninger, kræver store arealer
Afstrømningskoefficient	Analyseret ved scenarieanalyse for hele oplandet. «Peak flow faktoren» kan formindskes ved ændret arealanvendelse (fx skov med øget fordampning) og jordbearbejdning (øget humus/infiltrations- og rodzonekapacitet).	At tage toppen af de store afstrømninger (og dermed reducere risiko for oversvømmelse i nedstrøms by- eller landbrugsområder) enten sommer/efteråret eller ved max afstrømninger om vinteren	Har effekt men kræver store arealer. Følsomhedsanalyser for hele oplandet har vist at nåleskov og majs har størst effekt på peakflow faktor for vinterperioden (0,85 – 0,95). Øvrige afgrøder har meget lille effekt
Kontrolleret dræning	At udnytte magasineringsvolumen på drænede arealer ved at kontrollere grundvandsstand i vinterperioden (øge grundvandsstanden i vinterperioden), og dermed reducere max afstrømninger i vandløb	At øge grundvandsdannelsen på drænede arealer, og magasinere vand i vinterperioden for at reducere max afstrømninger i vandløb	Har effekt på lerede jorde men ingen effekt på sandjord. Følsomhedsanalyse giver peakflow faktor på 0,95 ved Horsens by for Hansted Å såfremt "drænkonstant" reduceres i alle drænede områder opstrøms

### 3.2.2 Hansted og Bygholm Å – opsummering

Efter arbejdet med Hansted og Bygholm Å casen, står det klart, at udfordringen er at tage toppen af de store afstrømninger. Forbedring af fysiske forhold kan evt. spille sammen med at holde vandet tilbage i oplandet. De virkemidler som der blev arbejdet med ser alle fornuftige ud, og det er nødvendigt at alle tiltag overvejes nøje, herunder også muligheder for alternativ støtte fra f.eks. EU. Der er også behov for at tænke i helheder og søge at finde samlede løsninger på en række problemstillinger (næringsstof, klima, natur og biodiversitet). Tilsvarende havde en repræsentant for Landbrugsrådgivningen (LMO) følgende iagttagelser: "Der er behov for at specificere helt ned på strækingsniveau af vandløb, hvad udfordringen er på denne her strækning (flade eller skrånende). Det er vigtigt, at interessenter byder ind



med tiltag, der giver mening. Man skal acceptere, at man prøver nye ting af, man lærer ikke noget, hvis det ikke går galt engang imellem. De her virkemidler var måske ikke de rigtige på det her sted”.

### 3.3 Gudenåen – case-området

Gudenåen udspringer i Tinnet Krat ved Tørring. Gudenåen løber herfra mod nord og nordvest gennem søhøjlandet til Randers Fjord, og længden er opgjort til i alt 160 km. Oplandet til Gudenåen er ca. 2600 km<sup>2</sup> (se Figur 9).

**Figur 9.** Randers Fjord-oplandet (3250 km<sup>2</sup>) hvoraf Gudenå-oplandet er det største opland (2600 km<sup>2</sup>).



#### 3.3.1 Beskrivelse af problemstillingen omkring Silkeborg by

Silkeborg kommune har defineret hvilke områder, der er udfordrede, og analyserne for case-området har taget udgangspunkt i kommunens beskrivelse af problemstillingen omkring Silkeborg by. I Silkeborg Kommune er vandet i Gudenåen en udfordring, idet periodevise oversvømmelser medfører gener for landmænd, boliger og i særdeleshed adgang til arealer og faciliteter ned mod åen. Enkelte boliger er direkte berørt af vandet, men ellers er det typisk selve haverne eller anlæg i disse, herunder også adgang til bådebroer og lignende arealer og faciliteter ned mod åen, der er påvirkede af oversvømmelserne. Vandet skaber også gener for landmændene nedstrøms Silkeborg Langsø. Høj vandstand om sommeren forhindrer eller vanskeliggør

gør udnyttelse af flere arealer til græsning, høslet eller anden landbrugs-mæssig udnyttelse. Fælles for landmænd og andre grundejere er, at generne er størst om sommeren, hvor behovet for udnyttelse af landbrugsarealer, haver og rekreative faciliteter er størst.

I forhold til Silkeborg by kan fremtidens klima vise sig at byde på situationer, hvor der opstår akut behov for at lede vandet væk fra Silkeborg By. F.eks. en situation hvor et sammenfald af kraftig grødeforekomst, forhøjet vandstand og vedvarende regn fører til kraftige vandstandsstigninger i Silkeborg Langsø. Hvis problemet afhjælpes f.eks. ved foranstaltninger, der leder vandet hurtigt væk fra Silkeborg Langsø, vil det nødvendigvis føre til oversvømmelser nedstrøms Silkeborg. Dermed er der i Silkeborg området brug for, at der laves en grundig analyse af påvirkede arealer og mulige løsninger, der ikke "eksporterer" problemet til andre dele af Gudenå systemet. Dette har været en central del af arbejdet med Gudenå-casen.

### **Problemetets omfang**

Gudenåen er altid gået over sine bredder i perioder om vinteren, men siden 2008 har det også været tilfældet i sommerhalvåret og efteråret. Der er ofte tale om lange sammenhængende perioder på indtil flere måneder, afhængigt af nedbørshændelser og tidspunkt for grødeskæring. Efter hidtidig praksis skæres der grøde en enkelt gang på hele Gudenå-strækningen og en ekstra gang på det nederste stykke af åsystemet. Effekten på vandstanden er kortvarig. Der er ikke lavet en egentlig opgørelse over, hvor mange ejendomme og hvor store arealer der er berørt af den forhøjede vandstand.

### **Årsager til problemet**

Målinger viser, at vandføringen i Gudenåen er steget mere end 10 % siden 1920'erne, og at udviklingen for alvor har taget fart de seneste 30 år. Effekten af den øgede vandføring viste sig allerede i 1980'erne, hvor bl.a. Søholt Renseanlæg i Silkeborg måtte opgive en pumpestation, fordi der gentagne gange stod vand på gulvet. Fordelingen af forskellige afvandingsmæssige og meteorologiske forhold er ikke dokumenteret, men en af årsagerne er uden tvivl afledning af vand fra byerne, hvor andelen af bebyggede og befæstede arealer er vokset stærkt i perioden. Siden grøden genindvandrede i åen, har problemerne med vand i åen været massive, særligt i sommerhalvåret, men også i vinterhalvåret på grund af overvintrende grøde.

Den forhøjede vandstand er resultatet af en kombination af voldsom grødevækst, stor vandføring og manglende faldhøjde på delstrækninger af Gudenåen nedstrøms Silkeborg Langsø. Særligt har vandet svært ved at løbe fra Silkeborg Langsø. Beregninger har vist, at det vil kræve en fordobling af åens tværsnitsprofil og uddybning af bunden med 1 m på en 1,7 km lang strækning for at skabe tilstrækkelig forbedret vandafledningsevne her.

Der er derfor behov for løsninger, som er mere intelligente end den sædvanlige vedligeholdelse.

### **Udredninger og analyser**

Silkeborg Kommune har fået udarbejdet et antal udredninger, der belyser problemstillingerne med høj vandstand i Gudenåen. I 2002 lod Århus Amt udarbejde en rapport om at få vandet ledt bedre ud af Silkeborg Langsø. På indeværende tidspunkt er DHI ved at lægge sidste hånd på et modelværktøj til belysning af forskellige scenarier for vandet i Gudenåen på strækningen

fra Silkeborg Langsø/Ørnsø til Bjerringbro nedenfor Tange Sø. Dette arbejde er bestilt af Viborg Kommune, Favrskov Kommune og Silkeborg Kommune.

### 3.3.2 Gudenåen – løsningsmuligheder

Med det overordnede formål at undgå oversvømmelse ved ekstremhændelser af især byområder, hvor de største værdier er koncentrerede, samt under hensyntagen til de naturgivne forhold ved Gudenåen omkring og nedstrøms Silkeborg, har mulige virkemidler været drøftet i netværket og i forbindelse med case-seminaret. Særligt oplandets størrelse, sø-komplekset opstrøms Silkeborg, indsnævringen fra sø til smalt vandløbsprofil ved Slusen i Silkeborg og vandløbets fysiske skikkelse spiller en rolle. Desuden har overvejelser omkring virkemidlernes effekt på nedstrøms bysamfund og lodsejere spillet en rolle.

Under projektet har der på indledende projektmøder og på case-seminaret været sat fokus på problemstillingen omkring behovet for at mindske oversvømmelsesrisikoen i byerne i området. I den forbindelse er generelle virkemidler blevet beskrevet og virkemidler med potentiale til at indgå i klimatilpasningen lokalt har været præsenteret og diskuteret. Vurdering af konsekvenser for landmænd i form af reduceret udbytte, forringet adgang og deraf følgende produktionstab på periodevist oversvømmede arealer har dannet udgangspunkt for dialog og diskussion. Det har været tydeligt under arbejdet med Gudenå-casen, at et centralt punkt er redegørelsen for de indgreb, restriktioner og effekter de forskellige virkemidler forventes at have. Herunder at der skelnes i mellem de almindeligt forekommende vandstandsforhold, periodevist forhøjede vandstande og de ekstremtilfælde som klimatilpasningsplanerne (5 -100 års gentagelsesperioder) sigter mod.

Ud over virkemidlernes potentiale er det væsentligt at være opmærksom på restriktioner, der kan vanskeliggøre implementeringen lokalt. Erfaringer viser, at projekter langs Gudenåen der påvirker vandstandsforhold, permanent eller kortvarigt, kan møde modstand fra lodsejere og interesseorganisationer. I den forbindelse er inddragelse af interessenter, herunder landmænd, centralt for at opnå forståelse og accept. Samtidig er det nødvendigt, at de driftsmæssige og økonomiske konsekvenser belyses, før interesse og velvilje til at implementere virkemidlerne kan opnås. Derfor er det kun de potentielt gangbare virkemidler, som indledningsvist er taget i betragtning. Foranstaltninger, der kun i begrænset omfang kan bidrage til vandtilbageholdelse, set i forhold til Gudenåens vandføring, er udeladt.

Da det er et stort vandvolumen, der skal håndteres omkring Gudenåen, er det afgørende, at betydelige tiltag kan bringes i anvendelse, hvis en reduktion af vandstanden ved Silkeborg skal opnås. F.eks. vil det være nødvendigt med decentrale tiltag over en forholdsvis stor del af det opstrøms opland, betydelig opmagasineringskapacitet omkring byerne eller forholdsvis store nedstrøms aflastningsarealer, hvis en signifikant effekt skal opnås. Et andet væsentligt aspekt er at sikre sammenhængen i klimatilpasningstiltag, sådan at en "eksport" af problemer til nedstrøms strækninger forebygges. Som eksempel vil frigivelse af vand ved Silkeborg kunne skabe oversvømmelsesproblemer ved Bjerringbro. Samtidig vil løsningen af lokale problemer i det store Gudenå opland typisk kræve tiltag, der strækker sig ud over kommunegrænser og forudsætter samarbejde med myndigheder og interessenter i de opstrøms beliggende kommuner. En koordineringsopgave der kan varetages i regi af eksempelvis Gudenå-komiteen.

På baggrund af arbejdet med Gudenå-casen og oversvømmelseskortlægning i forbindelse med kommunernes klimatilpasningsplaner, er der foretaget en kvantitativ analyse af konkrete virkemidlers omfang og effekt. Kommunens målsætning er, at der ikke sker nogen væsentlig øget vandstand i søen under fremtidige klimaforhold sammenlignet med i dag og at virkemidler til klimatilpasning effektivt skal kunne modvirke det øgede vandvolumen.

Et væsentligt aspekt for Gudenå-casen er behovet for kombinationen imellem passive og aktive virkemidler. I den forbindelse refererer de passive virkemidler til f.eks. opmagasinering i oplandet, hvor marker automatisk oversvømmes ved vandstandsstigninger som resultat af eksempelvis reduceret dræning eller etablering af vådområder. De aktive virkemidler vil derimod være mere tekniske, som f.eks. sluseanlæg eller dæmninger. Det forventes, at oversvømmelser ikke nødvendigvis kan undgås, da det i mange tilfælde vil være uforholdsmæssigt dyrt at sikre imod sjældent forekommende hændelser. Hvis myndigheder eller beredskab derimod aktivt kan styre anlæg og strukturer, vil det være muligt i højere grad at kontrollere forløbet af vandstandsstigninger under en oversvømmelseshændelse. Dette vil ikke på samme måde være muligt ved udelukkende passiv opmagasinering i oplandet.

### 3.3.3 Konkrete virkemidler relevante for Gudenåen caseområde

Principielt er det muligt at reducere vandstand og oversvømmelsesrisiko i og omkring Silkeborg ved enten at forsinke eller opmagasinere vand opstrøms Silkeborg Langsø eller øge udstrømningen herfra. Både i tilfælde af opstrøms eller nedstrøms løsninger kan en sænket vandstand i Silkeborg under ekstreme hændelser medføre øget risiko andetsteds langs åen. Der er konkret peget på fire mulige typer virkemidler, der potentielt kan indgå i klimatilpasningen (se Tabel 4).

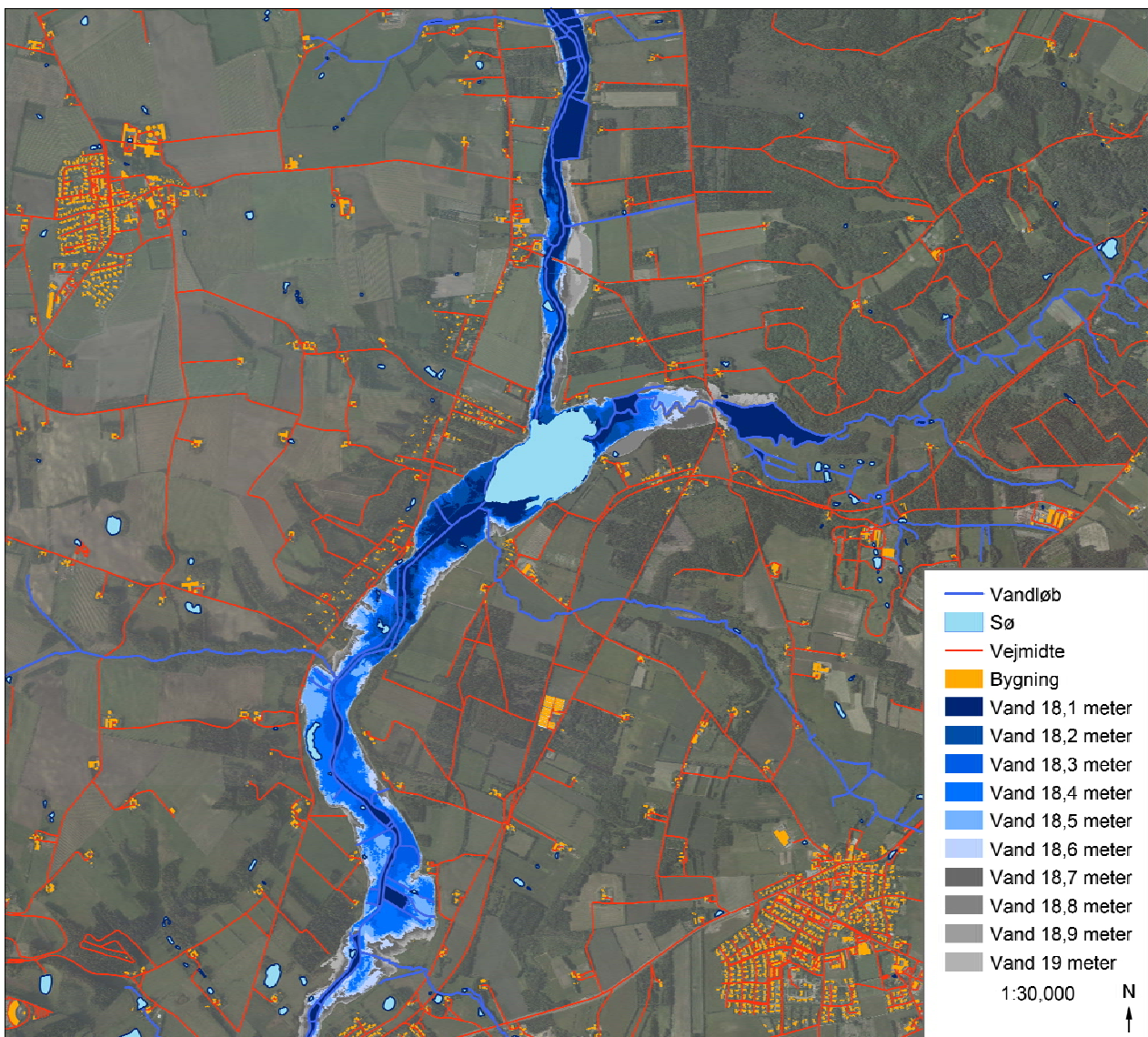
**Tabel 4.** De primære virkemidler der er behandlet i forbindelse med Gudenå case-området.

Type virkemiddel	Lokal implementering	Formål	Estimeret effekt
Kontrolleret oversvømmelse	Sminge Sø benyttes til midlertidig aflastning ved frigivelse af vand fra Silkeborg Langsø	At midlertidigt opmagasinere det vandvolumen der kan være behov for ekstraordinært at frigive fra Silkeborg Langsø	Ud fra den indledende kortlægning af berørte arealer, er det vurderet at virkemidlet kan have en effekt.
Tilbageholdelse af vand på landbrugsarealer	Lavtliggende og ånære landbrugsarealer på strækningen Mossø – Silkeborg antages at indgå	At mindske vandføringen og dermed vandstanden i Gudeåen ved at tilbageholde såvel overfladisk som drænafstrømning fra oplandet under ekstremhændelser.	Ud fra overslagsberegning v.h.j.a. Gudenå model, er det vurderet at virkemidlet kan have en effekt.
Vandløbsregulering, øget vandføringskapacitet	Gudenåens profil på strækningen Silkeborg – Resenbro kan muligvis udvides	At mindske opstuvning af vand ved Silkeborg forårsaget af flaskehalsen ved udløbet af Silkeborg Langsø	Ud fra overslagsberegning v.h.j.a. Gudenå model, er det vurderet at virkemidlet kan have en effekt.
Opmagasiner i søer	Slusen kan benyttes til at regulere vandstand i ekstremtilfælde	At udnytte den betydelige opmagasineringskapacitet repræsenteret ved søkompleksets overfladeareal	Ud fra overslagsberegning v.h.j.a. Gudenå model, er det vurderet at virkemidlet kan have en effekt.



### Kontrolleret oversvømmelse

Frigivelse af vand fra Silkeborg Langsø under ekstremhændelser, vil øge vandføringen til nedstrøms dele af Gudenå ved Resenbro og Sminge Sø. Ved brug af en topografisk model og den skønnede vandstand er det muligt at kortlægge hvilke dele af ådalen, der risikerer at stå under vand. En analyse viser, at oversvømmelse primært vil optræde på ekstensivt dyrkede arealer, og at der på stort set hele strækningen ved Sminge Sø ses en tærskel i terrænet. Det bevirker, at højere beliggende dyrkede arealer er adskilt fra åen, selv ved høje vandstande. Dog vil arealer umiddelbart op til søen være oversvømmede, og da der ikke er mulighed for aktivt at opstuve større vandmængder, vil en stor del af det vand, der frigives ved Silkeborg, relativt hurtigt passere igennem Sminge Sø og dermed udgøre en risiko for øget oversvømmelse nedstrøms. Sminge Sø vil have en udjævnende effekt på maksimalvandføringer, men søen er ikke vurderet til alene at kunne yde effektiv beskyttelse. Desuden er udløbet fra Silkeborg Langsø og Resenbrostrækningen en "flaskehals", der ikke umiddelbart har nogen reguleringsstrukturer ud over eventuelt muligheden for ekstraordinær grødeskæring under eller umiddelbart før ekstremhændelsen.



Figur 10. Kort der viser berørte arealer ved forhøjet vandstand i Sminge Sø.

### **Tilbageholdelse af afstrømning på landbrugsarealer, Mossø – Silkeborg**

Der findes ca. 1100 ha landbrugsområder imellem Mossø og Silkeborg. For at beregne potentialet for at implementere virkemidler til effektiv tilbageholdelse af afstrømning, er det antaget at 20 % af det samlede areal, primært lavtliggende og ånære områder, kan være egnede til midlertidigt at opmagasinere både overfladisk afstrømning og drænvand. Det betyder, at der på den enkelte bedrift skal indføres virkemidler til midlertidig blokade, opsamling og opmagasinering af afstrømning. En mulighed kunne også være at finde egnede arealer langs opstrøms dele af vandløbsnetværket, hvor det ækvivalente volumen for bedrifterne samlet set kan tilbageholdes under hændelsen. Der kan altså indføres virkemidler på individuel eller kollektiv basis, så længe volumenet er tilstrækkeligt.

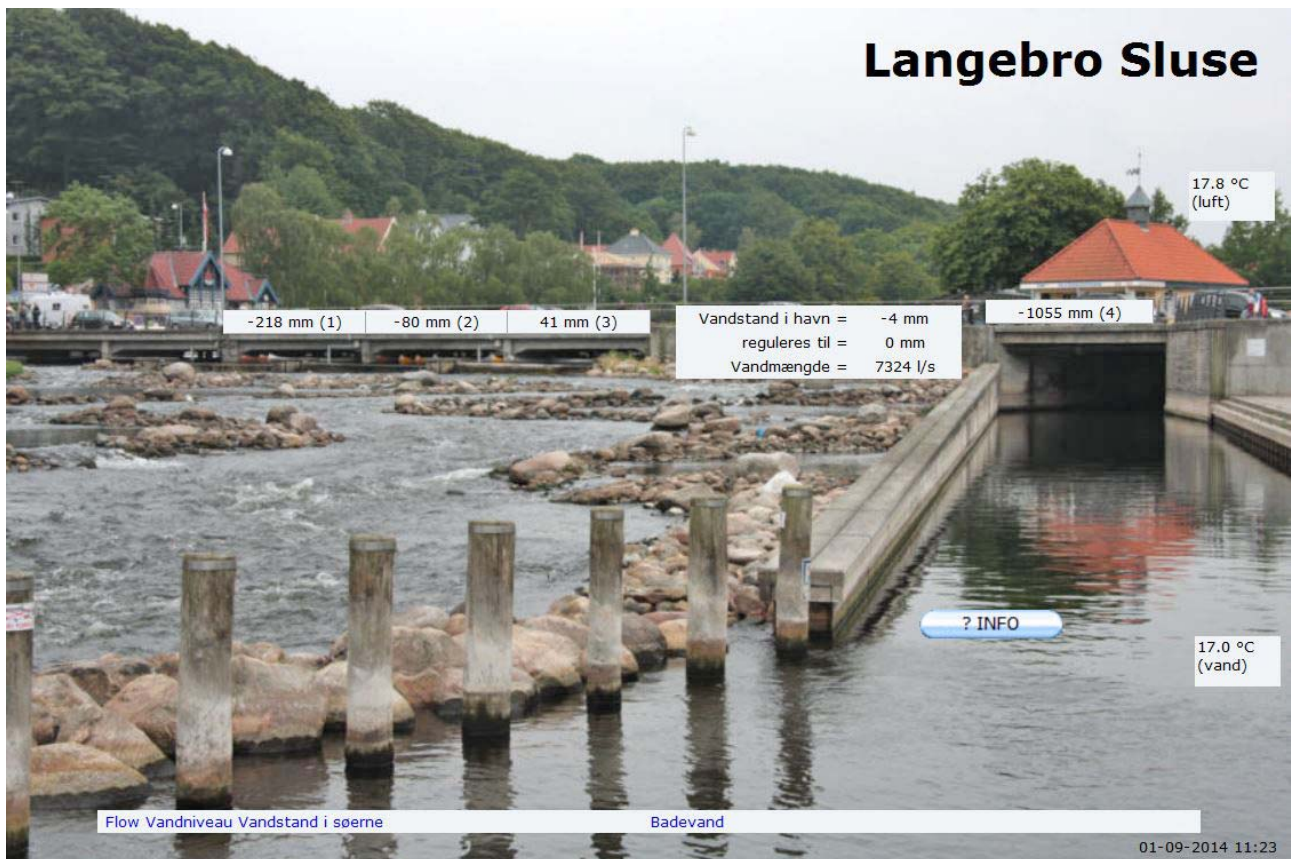
### **Tilbageholdelse i søerne opstrøms Silkeborg, regulering af Langebro sluse**

Langebro Sluse benyttes løbende til at regulere vandstanden i forhold til regulativets målsætning om ca. at fasholde en opstrøms vandspejlkote på 20,90 m., bl.a. af hensyn til bådfarten. Slusen kan med sin nuværende udformning forhindre mærkbare opstrøms vandspejlsstigninger ved vandføringer op til minimum 36 m<sup>3</sup>/s. En 100-års hændelse vil væsentligt overskride dette og med eventuelle alvorlige oversvømmelsesproblemer i Silkeborg Langsø umiddelbart nedstrøms Slusen til følge. Derfor kan det være hensigtsmæssigt aktivt at hæve vandstanden opstrøms Slusen omkring det tidspunkt, hvor den maksimale vandføring indtræffer. Hvis overløbshøjden reguleres, opstaves et vandvolumen via Remstrup Å, Brassø og potentielt videre op i søkomplekset. Med den rette valgte timing kan maksimum vandføringen ved Slusen reduceres, og efterfølgende (indenfor timer) kan det opmagasinerede vand atter frigives ved igen at sænke overløbshøjden. Der sker i dag reeltids måling af vandstand og vandføring, som understøtter beslutningen om en rettidig regulering. I modelberegningen antages en 20 cm forøget vandspejlskote ved 46 m<sup>3</sup>/s.

### **Vandløbsregulering, øget vandføringskapacitet**

Hvis det er muligt at øge vandføringsevnen ud af Silkeborg Langsø, vil vandstanden kunne reduceres og dermed mindske oversvømmelserne. Der er dog ikke tale om, at et enkelt tværsnit er styrende for vandføringen, men snarere at dimensioner og faldforhold over en strækning af Gudenåen fra udløbet af Silkeborg Langsø og til Resenbro skal øges. Dette kan f.eks. ske igennem en uddybning og en øget bredde af åen (se Figur 12). Det er i beregningen antaget at tværsnittet udvides med 5 m i bredden og 0,5 m i dybden på en ca. 3 km lang strækning.





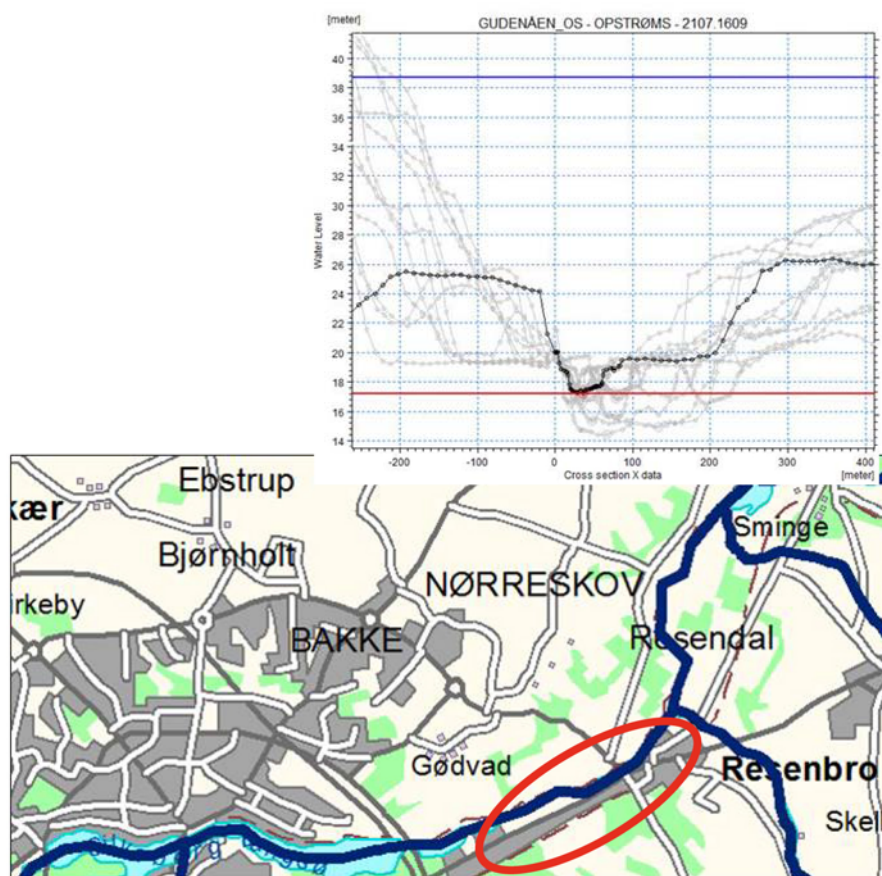
Figur 11. Langebro Sluse og realtid monitoring af vandstande.

### 3.3.4 Gudenåen - opsummering

Der er gennemført beregninger ved hjælp af den i forvejen opstillede dynamisk, koblede vandløbs- og oplandsmodel for Gudenåen, hvor en vandføringshændelse ca. svarende til en 100-års gentagelsesperiode er anvendt. Virkemidlerne er indlagt, og der beregnes bl.a. vandstand, vandføringer og maksimal oversvømmelse ved Silkeborg Langsø, der er vigtig for klimatilpasningens mål om at modvirke væsentligt øget oversvømmelsesrisiko. Det er hermed muligt at sammenkæde virkemiddeleffekt med kort over oversvømmelsesrisiko og videre til værdikort over ejendomsværdi, som er et vigtigt element i kommunernes klimatilpasningsarbejde.

En væsentlig indikator for virkemidlernes effektivitet er deres evne til at sænke vandstanden. Det ses af Tabel 5 at den maksimale vandstand under en 100 års hændelse vil kunne reduceres imellem 2 og 29 cm i Silkeborg Langsø. Effekten af tilbageholdelse på de ca. 200 ha landbrugsområder opstrøms Silkeborg kan ifølge beregningerne anslås til 2 cm; tilbageholdelse i søerne via regulering af Slusen vil kunne bidrage med en sænkning på ca. 5 cm og en udvidelse af Gudenåen vil kunne reducere den maksimale vandstand i størrelsesordenen 29 cm. Hvor henholdsvis regulering ved Slusen og udvidelse af åen umiddelbar vil have størst effekt, skal det understreges, at disse to løsningsmuligheder også har størst negativ effekt opstrøms og nedstrøms for Silkeborg med potentielle afledede gener og skader for lodsejere. Dertil kommer, at uddybning og udvidelse af Gudenåen kan være en både dyr og miljømæssig vanskelig fremkommelig løsning.

**Figur 12.** Tværsnitsudvidelse ved Silkeborg



Set i landbrugsperspektiv har tilbageholdelse på landbrugsarealer (tilfælde 1, Tabel 5) begrænset effekt i Gudenå-tilfældet, hvilket bl.a. skyldes, at Gudenåens opland ved Silkeborg er stort set i forhold til de landbrugsområder, der lokalt kan indgås. Virkemidler, som udbredes mere vidtrækkende til kommuner opstrøms Silkeborg, må forventes at kunne bidrage yderligere positivt. Det kan ske ved, at langt større arealer bliver berørt, sådan at der ikke nødvendigvis opstår en kritisk klimahændelse over hele oplandet samtidigt, og endeligt vil samspillet af mange mindre koordinerede virkemidler kunne mindske netto effekten ved Silkeborg.

**Tabel 5.** Oversigt over beregnede virkemiddeleffekter på maksimal vandstand

	<b>Maks. Vandføring (m<sup>3</sup>/s) ved slusen</b>	<b>Ændring i maks. Vandstand (cm) ved Remstrup å opstrøms slusen</b>	<b>Ændring i maks. Vandstand (cm) Langsø</b>	<b>Ændring i maks. Vandstand (cm) ved Sminge sø</b>
Basis	50,3	0	0	0
Tilfælde 1	49,9	-2	-2	0
Tilfælde 2	47,7	+18	-5	-3
Tilfælde 3	50,3	0	-29	+4

Søernes opmagasineringsvolumen til oversvømmelsesbekæmpelse kan ikke fuldt udnyttes alene ved regulering af Slusen i Silkeborg, da kun en mindre del af søarealet kan inddrages. Dog kan en koordineret regulering ved Kloster Mølle, Ry Mølle og ved Slusen givetvis bedre udnytte søernes opmagasineringssevne og afbøde oversvømmelse ved Silkeborg og længere nedstrøms. Derfor vil der sandsynligvis ligge et yderligere potentiale her.



Ud fra kortlægning af oversvømmelse omkring Silkeborg Langsø og Ørnsø ved forskellige vandstands niveauer i Silkeborg Langsø, er det muligt at vurdere, hvor store yderligere arealer, og hvor mange yderligere ejendomme der kan blive oversvømmet. Da terrænet omkring søen har en forholdsvis markant hældning, og ejendommene er placeret på de øverste beliggende dele af grundene, er området ikke umiddelbart vurderet sårbart for moderate vandspejlsstigninger relateret til klimaændringer. Derfor er behovet for omfattende virkemidler til klimatilpasning ikke formuleret af kommunen på nuværende tidspunkt.

Det gælder for alle de undersøgte virkemidler, at deres potentiale bedømt ud fra deres evne til at sænke vandstanden skal følges op af en undersøgelse af, hvor vidt de lovmæssige, økonomiske og miljømæssige forhold tillader implementering. Samtidig skal interessenter og erhverv inddrages. Incitamentet til frivilligt at implementere virkemidler kræver en yderligere uddybning af konsekvenser, ligesom virkemidlets effekt skal kunne stå mål med kommunens investering i virkemidlet.

## 4 Forretningen for landmanden

Budskabet fra netværkets landbrugsrepræsentanter er, at hvis landmænd skal involvere sig som vandforvaltere i forhold til klimatilpasning, så skal de kunne se et betydeligt perspektiv i det. Det skal på den ene eller anden måde kunne svare sig for landmanden at indgå i et samarbejde om klimatilpasning. Det kan være, at man f.eks. kan finde win-win løsninger, hvor landmandens problemer med afvanding på landbrugsjorden håndteres. Det kan også være, at det er andre udfordringer, som landmanden får løst, hvis han indgår i et projekt. En mulighed kan også være, at der bliver ydet en betaling for de ydelser, som landbruget kan bidrage med.

Netværket og landmænd i netværket har identificeret en række opmærksomhedspunkter i forhold til hvornår, det giver mening at tale om, at landmanden får en betaling for at håndtere vand i forbindelse med klimatilpasningstiltag.

Når der tales om betaling, så tales der om betaling for "yderligere rådighed". Det vil sige, at udgangspunktet i projektet har været, at vi ser på tiltag, der kræver yderligere rådighed over f.eks. arealer, og ikke betaling for oversvømmelser, der allerede med eksisterende tiltag medfører oversvømmelser.

Hvad kunne der f.eks. gives betaling for?

- Betaling for at arealer tages helt ud af drift
- Betaling for at arealer bliver mindre dyrkningsegne
- Betaling for at arealer med års mellemrum oversvømmes
- Betaling for at landmanden påtager sig nogle forpligtelser, og f.eks. sikrer, at arealer afgræsses, at vand tilbageholdes på bestemte tidspunkter/ evt. håndterer nogle tekniske installationer.

### **Problemstilling omkring nu og fremtid**

Mange oplever, at der allerede i dag er problemstillinger i landbrugslandet med oversvømmelser som følge af klimatilpasningstiltag i f.eks. byerne. Spørgsmålet er, hvordan man tænker disse problemstillinger ind i fremtidige klimatilpasningsplaner. Det kan være vanskeligt at se separat på vandløbsrelaterede tiltag, når der er tale om klimatilpasning. Oversvømmelser påvirker vandløb og vandløbsnære arealer, men ofte vil oversvømmelser påvirke længere ind på arealerne, ligesom tiltag længere oppe på dyrkningsfladen kan have en positiv indvirkning på tilbageholdelsen af vand. Derfor bør man ikke snævert fokusere på vandløbsrelaterede tiltag, når man arbejder med klimatilpasning.

### **Problemstilling omkring at skille "snigende ændringer" og "ekstremhændelser" fra hinanden**

I nogle områder oplever man, at arealer gradvist bliver mere og mere våde. Det kan der være flere årsager til:

- det kan være, at vandløbene ikke er dimensioneret til at håndtere den øgede nedbør, der måtte være i et givent område
- det kan være, at de gamle dræn trænger til udskiftning
- det kan være, at vandløbsvedligeholdelsen er blevet reduceret

- det kan være, at landbrugsjorden er blevet lavereliggende i forhold til vandløbet pga. gradvis afbrænding af humusjord i området.

Til forskel fra ovenstående, så vil der i forbindelse med ekstremhændelser opstå en mere akut oversvømmelse.

#### **Hvordan motiveres lodsejere til at være proaktive i løsninger?**

Løsninger, der også tilgodeser lodsejerens interesser, er alt andet lige lettere at realisere end løsninger, hvor lodsejerne ikke kan se et perspektiv. Erfaringen fra dette netværksprojekt viser, at det er meget forskelligt, hvad der motiverer lodsejerne. Derfor er det vigtigt at tage en drøftelse med de lodsejere, der evt. kan bringes i spil i forhold til en klimatilpasningsløsning. Hvis man ønsker at gennemføre klimatilpasningsløsninger i det åbne land, der ikke tilgodeser andre interesser end f.eks. klimasikring af byerne, så er der brug for at introducere en forretningsmodel, hvor lodsejeren bliver fuldt betalt for at håndtere byens problem.

#### **Mulige løsninger bør anskueliggøres**

Paletten af virkemidler, hvor væsentlige karakteristika fremgår - herunder vandføringsevne og økonomi for forskellige aktører - bør anskueliggøres for landmændene/lodsejere, så de bedre kan forholde sig til tiltagene. Hermed bliver det alt andet lige lettere for f.eks. lodsejere at forholde sig til, hvad han kan bidrage med og i hvilken udstrækning. Samtidig er det vigtigt, at man fokuserer på de forskellige tiltag, som kan have positive sideeffekter, fremfor ensidigt fokus på vandtilbageholdelse. Løsninger, som gavner flere interesser, er nemmere at realisere. Som eksempel kan et konstrueret vådområde gavne såvel biodiversitet, som fungerer som vandreservoir til vanding, og hjælpe med opfyldelse af Vandrammedirektivet. Samtidig kan området agere buffer, der reducerer risiko for oversvømmelser, det kan give bedre jagtmuligheder samt sikre landskabsværdier og nye muligheder for biomasproduktion.

Konkret bør man i dialogen imellem de forskellige aktører sikre, at man har:

- Eksempler på mulige virkemidler.
- Effekt og økonomi anslået på de enkelte tiltag.
- Beskrevet hvilke virkemidler, der kan være relevante hvor.

## 5 Forretningsmodeller

Med baggrund i ovenstående er netværket nået frem til to mulige forretningsmodeller, som vurderes egnede til at bringe landbrugets arealer i spil i forhold til klimatilpasning. Vil man "kun" undgå oversvømmelser af bebyggelse, kan man overveje en model, hvor man betaler konkrete landmænd for at håndtere specifikke oversvømmelser (Kompensationsmodellen). Vil man derimod se, om man kan opnå synergi til andre forhold, skal man måske overveje at starte med en udbudsrunde (Udbudsmodellen).

### 5.1 Kompensationsmodellen

I denne model indgår et grundbeløb for lodsejeren for at indgå i projektet og en aftale om, at der derudover ydes erstatning i de situationer, hvor der opstår skade. Grundbeløbet kan fastsættes per m<sup>2</sup>, per m<sup>3</sup> eller per lodsejer. Betalingen kan deles op i to dele:

1. Et grundbeløb for at stille arealet til rådighed og acceptere, at der kommer en servitut på arealet, hvor man binder sig til at måle ekstra oversvømmelser på det givne areal.
2. En betaling i forbindelse med konkret oversvømmelse af et areal.

Forhold, der skal tages højde for ved beregning af grundbeløb for råderetten over arealet:

- Risikoen for at miste enkeltbetalingen for arealet.
- Risikoen for tabt enkeltbetalingsstøtte og krydsuoverensstemmelse, som følge af vand på arealet.
- Overvejelser om, hvorvidt man fraskriver sig muligheden for udbetaling af forsikring / erstatning, da man frivilligt har stillet arealet til rådighed til oversvømmelse.
- Problemstilling om hvem der løfter bevisbyrden ved oversvømmelser. Som udgangspunkt bør det ved indgåelse af sådanne aftaler ikke være landmanden, der skal løfte bevisbyrden omkring, hvornår en oversvømmelse bør udløse erstatning.
- Risikoen for at arealet udgår af harmonibetragtning i det år, hvor det står under vand, skal undersøges og tages med i betragtningen. I sådanne tilfælde er det også relevant at undersøge, om det er muligt at blive dømt for overgødskning og for at stille utilstrækkeligt harmoniareal til rådighed.
- Ved store nedbørshændelser kan der ske overløb fra rensningsanlæg og udledning af kloakvand eller tungmetaller på landbrugsarealet. Det bør overvejes, om det kan skabe problemer i forhold til fremtidig anvendelse. Der kan eksempelvis være særlige problemstillinger ved dyrkning af grøntsager (konsumafgrøder), hvis man skal overholde særlige økologiske standarder, eller hvis man producerer til særlige "brands", som f.eks. Arlagården og evt. for dyresundheden (ved afgræsning).
- Sikkerhedsstillelse.

- Ikke bundet af aftalen ved bristede forudsætninger.

Forhold, der skal tages højde for ved beregning af betaling for at oversvømme arealet:

- Konkrete tab på arealet: Afhænger af hvornår og hvor længe arealet er oversvømmet. Tabene kan ske i kraft af omsåning, lavere udbytte, tab af høst, besværlig høst, samt tab af tilskud og evt. betalingsrettigheder, hvis arealet ikke udnyttes flere år i træk.

## 5.2 Udbudsmodellen

Ideen med denne model er, at man udpeger potentielt egnede områder i et opland til kontrollerede oversvømmelser. Derefter beder man så landmænd i disse "bruttoområder" om at indikere, om de kunne være interesserede i at håndtere oversvømmelser.

Hermed er tanken, at man finder frem til områder, hvor landmænd er motiverede for at gå proaktivt ind og bidrage med klimatilpasningsløsninger. Det er i øvrigt centralt, at modellen skal kunne honorere, at klimatilpasningsløsninger ofte ikke kan begrænses til den enkelte bedrift, da vand jo ikke kender ejendomsskel.

Med ovenstående ideer og forudsætninger *in mente* og med inspiration fra en række modeller anvendt i miljø- og landskabsforvaltningen ([www.naturogmiljo2013.dk](http://www.naturogmiljo2013.dk)), herunder bl.a. en model anvendt i Østrig tilbage i 1980'erne og starten af 1990'erne kaldet "Model Ökopunkte Landwirtschaft" (Mayerhofer og Schawerda, 1991) og den engelske "Environmental stewardship", er nedenstående ide til udbudsmodellen udviklet.

Udgangspunktet for modellen er, at der i et givet opland er udpeget områder, hvor man som samfund kan se fordele ved, at der er en vandtilbageholdelse på tidspunkter, hvor der er risiko for oversvømmelser af eksempelvis byer. Samtidig skal der fremlægges en række velbeskrevne virkemidler, som forventes at være relevante i det givne område og som landmændene kan vælge i mellem.

Der lægges så op til, at man f.eks. i afgrænsede del-oplande med f.eks. 5 – 10 landmænd kan byde ind med interessetilkendegivelser for, hvor de kunne forestille sig at bidrage med klimatilpasningstiltag i det givne område (antallet af landmænd vil naturligvis variere meget afhængig af det konkrete opland og afhængig af landbrugen størrelse).

Tanken er, at landmændene kan byde ind med tiltag udvalgt fra virkemiddellisten og så give et bud på, i hvor stor udstrækning man vil anvende de enkelte tiltag i området. Ud fra disse oplysninger kan man så beregne potentialet i det konkrete udbud og udbyderen skal give en pris på den samlede indsats.

Afgørende for modellens anvendelighed er, at der er flere områder i spil, og at man som samfund er klar til at vælge mellem de forskellige tilbud. Gælder ovenstående, kan myndigheden så lægge forskellige kriterier ind for hvilke bud, man vil acceptere, og i kriterierne kan der udover den konkrete vandtilbageholdelse indlægges vurderinger af andre forhold, som man væg-

ter for samfundet. Som eksempel kunne nogle af kriterierne være biologisk mangfoldighed, vandmiljø, etc.

### **5.3 Samspil mellem de to modeller**

Det bemærkes, at det kan være relevant i en lidt modificeret form at anvende de to modeller i kombination. Således kan man anvende udbudsrunderen mere som en metode til at identificere de områder, hvor landmænd ser muligheder for at bidrage med løsninger. Herefter kan man gå i dialog med de landmænd, der ser muligheder for at finde løsninger i samspil, og efterfølgende lave aftaler med landmændene som beskrevet i kompensationsmodellen.

## 6 anbefalinger

Set i et større perspektiv vil vi med denne rapport gerne være med til at ændre måden, vi håndterer vores klimaudfordringer på. Vi opfordrer til, at dette gøres i et samspil, som det er gjort i netværket, mellem kommuner, landbruget og eksperter. I netværket har vi arbejdet tæt sammen med aktørerne i de tre caseområder, hvilket har givet mange gode erfaringer, som kan bruges bredt i forhold til arbejdet med klimatilpasning. På baggrund af disse erfaringer og arbejdet med faktaarkene er der udviklet et forslag til en fremgangsmåde for, hvordan en given myndighed kan gribe opgaven an med klimatilpasningstiltag. I den forbindelse er det centralt at få samlet baggrundsviden, få defineret problemstillingen og på den baggrund udvikle forslag, der kan pege i retning af forskellige løsningsmuligheder. Den foreslåede fremgangsmåde er opsummeret i beslutningsdiagrammet (se Figur 13), og følgende afsnit giver en mere detaljeret beskrivelse af de enkelte trin.

I dette projekt har fokus primært været på landmænd, ud fra den betragtning at det dels er dem, der kan bidrage mest til løsningerne, og dels at det potentielt er dem, der har mest på spil, hvis klimatilpasningsløsningerne skal findes i det åbne land. Ud fra den betragtning har der i netværket været gennemført seminarer og møder, hvor landmandens interesser og bekymringer har haft hovedfokus.



Figur 13. Eksempel på en mulig rækkefølge, når klimatilpasningstiltag skal igangsættes.

### **Fortæl hele den bagvedliggende historie**

Vi har oplevet, at interessenterne hver især sidder med en del af en historie om det konkrete landskab, som de er en del af. Ind imellem tillægges dele af historierne forskellig værdi og ind imellem kender aktørerne ikke alle dele af historien. Et startpunkt for arbejdet med klimatilpasning er derfor at samle aktørerne og få sammenstykket billedet af, hvorfor landskabet ser ud som det gør, og hvorfor der er de udfordringer, der nu er. Det vil sige, hvad er historien om klimaudviklingen, landskabet, afvandings/dræningsforhold, og på hvilke årstider er der problemer for interessenterne, landmænd, byer, biodiversitet, osv.? På denne måde skabes et fundament for et godt udgangspunkt i forståelsen af problemet, sådan at der hele vejen rundt er en bred forståelse af årsagssammenhængen i de berørte områder.

### **Identificer og eksemplificer problemstillingerne**

Det forventes, at en eksemplificering af problemerne kan være en stor fordel i synliggørelsen og konkretiseringen af problemstillingen. Til eksempel har netværket fået meget konkrete input fra de gennemførte case-seminarer, hvor både landmænd, kommuner, forsyningsselskaber og interesseorganisationer har givet illustrative eksempler, på de udfordringer de møder. Det har vist sig at være meget vigtigt at analysere område for område – opland for opland og eventuelt strækning for strækning. Også når det gælder klimatilpasningsløsninger er det meget forskelligt, hvilke løsninger der er mest oplagt at bringe i anvendelse, hvilket skyldes områdernes store variation i forhold til hydrologi, landskab, arealanvendelse osv.

### **Identificer de områder, der skal prioriteres**

I netværket har vi oplevet, at kommunegrænsen kan være en barriere for at opnå den mest optimale løsning, da det som udgangspunkt er den enkelte kommune, der skal betale for at håndtere eksempelvis en bys udfordringer med oversvømmelser. Ofte kan den samfundsøkonomiske bedste løsning ligge i kommuner længere opstrøms i oplandet. Der bør derfor være fokus på, at snævre økonomiske hensyn ikke kommer til at hindre de mest optimale løsninger, men at løsningerne i stedet kan gå på tværs af administrative grænser. Fra statslig side bør man derfor overveje, hvordan det kan undgås, at kommunegrænser bliver en barriere for de mest optimale løsninger.

### **Identificer alle forskellige interesser der er berørte**

Der er mange, der har interesser i klimatilpasning, så det er vigtigt at bruge tid på at identificere alle interessenter med henblik på at finde løsninger, der gavner alle parter. Ofte kan klimatilpasningsløsninger nemlig også bidrage til, at man får fundet løsninger på andre problemstillinger, hvorved klimatilpasning, hvis det gribes korrekt an, kan bruges som løftestang.

### **Giv tid – så alle interessenter bliver inddraget og hørt**

Inddragelse af interessenter tager tid og er på mange måder ressourcekrævende. Men en ordentlig interessent-inddragelse, hvor man sikrer at interessenternes perspektiver bliver grundigt behandlet og respekteret, giver også et langt større ejerskab til planerne og en langt større motivation for at bidrage til løsningerne.

### **Definér konkrete mål for de udvalgte strækninger**

Med baggrund i en grundig for-analyse skal man i fællesskab definere et klart mål for indsatsen og gøre det helt klart hvilke tiltag, der er nødvendige for at nå målet. Dermed kan man skabe et bedre overblik over de mulige løsninger, der er tilgængelige, hvis det definerede mål skal nås.



### **Undersøg finansieringsmuligheder**

For at sikre at kommunerne ikke tænker "kassetænkning" og snævre egeninteresser, bør det overvejes, om man kan lave en økonomisk opstilling, hvor den gode løsning ikke hindres.

I forbindelse med arbejdet omkring indsatsprogrammet for 2. vandplanperiode, har vandrådene haft stor succes med at pege på løsninger, der giver mening for flest mulige aktører. Det anbefales, at vandrådene, eller en lignende konstellation, i fremtiden tænkes ind som et muligt forum, hvor man drøfter klimatilpasningsløsninger i det åbne land. Det kan i den forbindelse overvejes, om vandrådene skal have mulighed for at søge en statslig pulje af midler til videre undersøgelser af potentielle løsninger. Det vil fremme innovationen og virketrangen regionalt med henblik på at finde de bedst tænkelige løsninger til gavn for flest mulige aktører. Samtidig kunne en mulighed også være, at søge alternative finansieringskilder f.eks. fra EU-programmer.

### **Tænk i en vifte af forskellige løsninger**

I netværket har vi oplevet, at én løsning ofte ikke kan stå alene, men at der vil typisk være brug for flerartede løsninger. Herunder er det vigtigt, at løsningerne så vidt muligt er videns- funderede, så man sikrer, at implementeres nogle løsninger med en reel effekt under de givne forhold.

### **Omkostningerne versus effekt**

I netværket har det været oplevelsen, at hvis man i fællesskab undersøger forskellige mulige løsninger, så er det langt nemmere at finde netop de løsninger, som flest interessenter kan se et perspektiv i. Det anbefales derfor, at der bliver brugt tid på at identificere, hvad der karakteriserer det konkrete område, og at interessenterne er med i denne fase, da de ofte kan bidrage med særlige karakteristika og forslag til løsninger. Dermed kan de mulige løsningers effekt i forhold til etableringsomkostningerne bedre vurderes, hvilket skaber det bedste fundament for at finde de billigste, mest effektive og mest langsigtede løsninger.

### **Udvælg de virkemidler, der ifølge analysen er de mest optimale**

Det er hensigten, at selve udvælgelsen af den endelige løsning på den konkrete klima-udfordring dermed kommer til at bero på et solidt fundament. Det vil sige, at de virkemidler, der ender med at udgøre den egentlige løsning, er optimale både i forhold til det økonomiske aspekt, til interessenter, i særdeleshed landmændene, til den konkrete effekt man ønsker at opnå og til det langsigtede perspektiv.

## 7 Konklusion

Vi kan konkludere, at vi med netværket "Landmanden som Vandforvalter" har levet op til projektets formål om at bringe væsentlige interessenter og videninstitutioner sammen for i fællesskab at afdække de potentielle løsninger, der findes i det åbne land til at afværge og tilpasse opland og byer til de nye klimaforhold. Vi kan endvidere konkludere, at vi har fået sat landmandens rolle som vandforvalter til debat, og herunder har vi fået bragt mulige forretningsmodeller for landbruget og det øvrige samfund i spil.

Vedrørende nye teknologier har vi bl.a. i faktaark beskrevet mulige teknologier, der kan drages i anvendelse i det åbne land. I forbindelse med drøftelserne af mulige løsninger, har vi kunnet konkludere, at den grundige dialog med bl.a. landmændene om løsningerne kan bidrage med gode ideer til win-win løsninger, der alt andet lige giver bedre og mere langtidsholdbare løsninger, som flest mulige aktører bakker op om.

I netværket har vi erfaret, at der er en række lovgivningsmæssige og administrative barrierer for de mest optimale løsninger. Disse barrierer bør man fra myndighedsside adressere med henblik på at skabe gode og smidige fremtidige løsninger.

Vi kan endvidere konkludere, at der er et behov for at konkretisere konsekvenser og effekt i forhold til, hvor stor reduktion i oversvømmelsesrisiko løsningsmulighederne kan bidrage med, og hvordan dyrkningsforhold og økonomi påvirkes på de bedrifter, der implementerer virkemidlerne. For case-områderne vil der fortsat være behov for at analysere, afprøve og demonstrere, hvordan målsætningen i klimatilpasningsplaner kan opnås både i forbindelse med planlægningen og i praksis. Desuden er det nødvendigt at myndigheders, forsynings, beredskabs og landmænds roller ved forebyggelse af oversvømmelse afdækkes.

Det er derfor glædeligt, at der på baggrund af netværksprojektet er igangsat et nyt projekt "Vandet på Landet", der bidrager yderligere til at adressere disse forhold. Det er imidlertid netværkets vurdering, at det er nødvendigt med yderligere forskning i mulige virkemidler og et styrket fokus på demonstration og test i praksis og i samspil med aktørerne.

Vi håber hermed, at resultaterne af netværkets arbejde vil tjene som inspiration for de kommunale, regionale og statslige myndigheder, og at disse nye erfaringer og betragtninger vil blive inddraget i det videre arbejde med miljøforvaltning og klimatilpasning.

## 8 Referencer

Henriksen, H. J., Pang, B., Olsen, M., Sonnenborg, T., Refsgaard, J. C., Madsen, H. 2014. Klimaeffekter på ekstremværdi afstrømninger. Fase 2 usikkerhedsvurdering. GEUS rapport 2014/38. 70 pp.

Mayerhofer, P., Schawerda, P., 1991. Die Bauren, die Natur & das Geld. Verein zur Förderung der Landentwicklung und intakter Lebensräume (LiL), Norbertus-Druckerei, 117 pp.

Søndergaard, M., Kronvang, K. B., Pejrup, M., Sand-Jensen, K. (red), 2006. Vand og vejr om 100 år: Klimaforandringer og det danske vandmiljø. 1. udg, Hovedland.

[http://www.naturogmiljo2013.dk/uploads/media/Spor\\_H3\\_Europapartner\\_skabere\\_GEUS\\_01.pdf](http://www.naturogmiljo2013.dk/uploads/media/Spor_H3_Europapartner_skabere_GEUS_01.pdf)

## Bilag

Bilag 1: Søer og reservoirer som værn mod oversvømmelse

Bilag 2: Vandtilbageholdelse i ådale

Bilag 3: Vandtilbageholdelse

Bilag 4: Dobbeltprofiler i vandløb

Bilag 5: Vandtilbageholdelse i ådale ved ændret grødeskæring

Bilag 6: Restaurering af vandløb

Bilag 7: Opmagasinerings af vand i vådområder

Bilag 8: Vandtilbageholdelse i vådområder: Odense Å case område

Bilag 9: Terrænbestemte lavninger

Bilag 10: Randzoner

Bilag 11: Udlægning af 'intelligente' randzoner – eksempel

Bilag 12: Opmagasinerings af vand ved kontrolleret dræning

Bilag 13: Management af afstrømningskoefficient og "peak flow faktor"

Bilag 14: Vandtilbageholdelse i ådale – Brendstrupkilen case område

## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Søer og reservoirer som værn mod oversvømmelse



VANDFORVALTER



#### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land. Et muligt virkemiddel kunne være søer og reservoirer, der repræsenterer et opmagasineringspotentiale, som kan afhjælpe oversvømmelser under ekstremhændelser.

Virkemidlet er egnet i risiko-områder nedstrøms sø-arealer eller nedstrøms arealer med mulighed for regulering via reservoirs. Vandstanden kan hhv. sænkes forud for eller hæves under hændelsen, hvorved et afstrømningsvolumen kan tilbageholdes med nedstrøms nedsat vandføring og vandstand til følge. Derved udnyttes den naturgivne bufferkapacitet til at mindske oversvømmelsesrisikoen.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Søvandstand reguleres (manuelt eller automatisk) via udløbs-strukturer. Der kan indarbejdes målsætning om sænket vandspejl generelt og mulighed for ekstra-ordinært midlertidigt hævet vandspejl i kritiske perioder og i forbindelse med store nedbørs- og afstrømningshændelser. Effekt på oversvømmelsesrisiko og fastsættelse af regler for regulering kan beregnes (f.eks. vha. modeller)

- Udgør et aktivt reguleringstiltag – også i nødsituationer.
- Moderat indgreb i landskab og arealanvendelse.

### 2. Sideeffekter

- Regulering af søers vandstand åbner mulighed for aktiv forebyggelse via realtids data, varsling og beredskab.
- Omkostningseffektivt: det vil ofte være forbundet med begrænsede investeringer.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- Forholdet mellem behov for tilbageholdt volumen og oplandets karakteristika, dvs. målsætning i klimatilpasningsplanen kontra opstrøms sø/reservoir -areal.
- Omfanget og intervallet af vandstandsreguleringen i forhold til regulativ, miljø, habitat, elproduktion, rekreative formål m.m.
- Om gener for opstrøms lodsejere langs søbred og å er acceptable.
- Hvor lang tid opmagasineringen skal vare for at mindske nedstrøms oversvømmelsesrisiko.
- Hvornår og hvordan vandstanden reguleres omkring ekstremhændelser.

### Barrierer for implementering

- Eksisterende historiske, lovmæssige og hævdevundne krav til vandstands niveau.
- Miljøhensyn, opretholdelse af maksimal vandstand, Natura 2000 og målsætning for vandplaner.
- Planer, regelsæt, midler og beslutning vedrørende effektiv og rettidig vandstandsregulering.

### Ideer til at bryde barrierer

- Klimatilpasning indarbejdes i regulativ eller som særskilt supplement til regulativ.
- Konsekvensvurdering af søers vandkvalitet samt habitat- og miljøeffekt.
- Samordning af klimatilpasning og beredskab.

## Anbefalinger

- Benyt søers naturgivne bufferkapacitet i klimatilpasning.
- Beregn potentiale for reduceret oversvømmelsesrisiko og undersøg muligheder for vandstandsregulering.
- Regulering af søers vandstand åbner mulighed for aktiv forebyggelse via realtids data, varsling og beredskab.

### Mere information

Torsten Jacobsen

DHI, Hørsholm

Mail: tvj@dhigroup.com



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

## Vandtilbageholdelse i ådale



## VANDFORVALTER



## Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel er at opmagasinere vand i ådalen ved hjælp af barrierer, som indbygges i terrænet på tværs af ådalen. Virkemidlet kan afhjælpe oversvømmelse ved skybrud eller tøbrud.

Der kan etableres lave kunstige barrierer på tværs af ådalen, hvorved der skabes opmagasineringsbassiner. Vandløbet føres gennem barriererne i rør, som tillader, at en almindelig vandføring løber uhindret igennem. Når vandføringen i vandløbet stiger, vil rørene bremse afstrømningen, hvorved bassinerne fyldes op. Dermed mindskes risikoen for oversvømmelser.

## Effekter

## 1. Virkemåde

Der etableres lave kunstige barrierer på tværs af ådalen, hvorved der skabes bassiner, der kan opmagasinere vand. Vandløbet føres gennem barriererne i rør og når vandføringen i vandløbet stiger, vil bassinerne fyldes op og løbe over et efter et.

- Virkemidlet kan både anvendes i vandløb med lille og stor hældning.
- Virkemidlet er fleksibelt, da barriererne kan dimensioneres til forskellige oversvømmelsesfrekvenser.
- Da oversvømmelser opstår periodevist, er der mulighed for at anvende arealerne, evt. til afgrøder der tåler periodisk oversvømmelse.

## 2. Sideeffekter

- Øget tilbageholdelse af næringsstoffer, især partikelbundet fosfor, hvilket vil gavne vandmiljøet.
- Omlægning af vandlidende områder med mulighed for nye bynære rekreative områder.
- Virkemidlet kan også anvendes til at beskytte værdifulde landbrugsområder ved at oversvømme mindre værdifulde landbrugsområder opstrøms.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- Landskabet skal helst have en karakter, så barrierer kan indbygges uden de ødelægger landskabsæstetikken.
- Virkemidlet kræver at lodsejerne er enige om at deltage i projektet.
- Der skal udvikles en forretningsmodel, som beskriver den betaling, lodsejeren skal modtage for at stille jorden til rådighed ved periodiske oversvømmelser.

### Barrierer for implementering

- Risiko for udvaskning af næringsstoffer.
- Oversvømmelser af natur beskyttet af Naturbeskyttelsesloven § 3.
- Anlæggelsen af barrierer i beskyttet natur, som strider mod Naturbeskyttelsesloven § 3.
- Mulig lodsejermotstand mod projektideen eller finansieringsmodel.

### Ideer til at bryde barrierer

- Dimensionér barriererne ud fra viden om naturområdets tolerance overfor oversvømmelse/næringsstofpåvirkning.
- Få vedtaget en holdbar finansieringsmodel som bl.a. indbefatter vedligeholdelse af anlægget, som middel til at øge lodsejerenes interesse i at medvirke.
- Der kan evt. opnås dispensation fra Naturbeskyttelsesloven § 3.

## Anbefalinger

- Der udarbejdes mulighedskort for potentielle ådale, hvor virkemidlet kan anvendes.
- Udnyt at værktøjet er fleksibelt, da barriererne kan dimensioneres til en ønsket regnhændelse, og at landbrugsarealerne i mange tilfælde kan bruges uændret.
- Bestemmelserne for anlæggene føres ind i regulativerne for vandløbene.
- En fleksibel og brugbar finansieringsmodel for anlægstypen, så det er let for kommunerne at få aftalerne igennem med lodsejerne.

### Mere information

Henrik Vest Sørensen

Orbicon

vest@orbicon.dk



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)



VANDFORVALTER

[www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

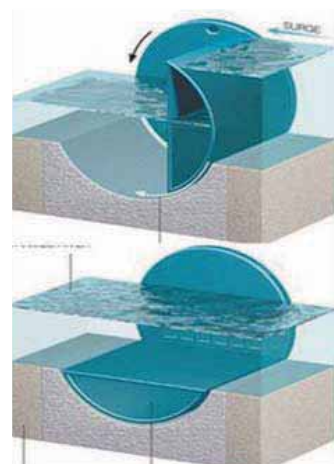




## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

**Vandtilbageholdelse**

## bag større dæmningsanlæg med stemmeværk

**VANDFORVALTER****Resumé**

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kunne være et radikalt alternativ til decentrale virkemidler i det åbne land. Virkemidlet kan afhjælpe situationer, hvor ekstreme afstrømninger i oplandet medfører omfattende oversvømmelser i urbane områder nedstrøms i vandløbssystemet.

Der etableres et dæmningsanlæg med sluseporte opstrøms det område, hvor gennemstrømningen ønskes kontrolleret. Med sluseporten kan vandet stuves op til en forud bestemt maksimumkote. Sluseporten lukkes ved ekstreme afstrømninger og virker ved, at der herved kan tilbageholdes vand ved kontrolleret oversvømmelse af ådalen i nogle dage. Derefter tømmes vandreservoiret langsomt via slusen.

**Effekter****1. Virkemåde**

- Reguleringen foregår ved at slusen gradvis lukker i, når vandstanden opstrøms kommer over en fastsat kote svarende til vandføringskapaciteten på den strækning, der ønskes beskyttet mod oversvømmelse.
- Når slusen er lukket, stuver vandet op og oversvømmer den opstrøms liggende ådal.
- Når afstrømningen er normaliseret, tømmes vandreservoiret igen langsomt og kontrolleret via slusen

**2. Sideeffekter**

- **Næringsstofreduktion:** Oversvømmede enge er ensbetydende med tilbageholdelse af næringsalte.
- **Natur & biodiversitet:** Virkemidlet understøtter en mindre intensiv opdyrking af jorden inden for opmagasineringsområdet
- **Rekreation:** Kan kombineres med etablering af nye adgange til naturområder.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- Ådalens topografi: virkningspotentialet er betydeligt under forudsætning af, at ådalens topografi tillader opmagasinering til stor dybde (et skitseprojekt i Storåsystemet viste, at det beregningsmæssigt ved fuld udenyttelse af potentialet er muligt at tilbageholde over 5 mio. m<sup>3</sup> vand).
- Varslingssystemernes pålidelighed: Virkningspotentialet er afhængig af et pålideligt varslingsystem til styring af, hvornår slusen skal lukkes, og opmagasinering af vand skal finde sted.
- Det er nødvendigt at finde modeller for, hvorledes kommuner kan råde over arealer til oversvømmelse, f.eks. via aftaler med lodsejerne.

### Barrierer for implementering

- Lovgivning: Naturbeskyttelsesloven § 3; vandløbslov og VVM-procedurer efter planloven.
- Landbrugsinteresser.
- Lodsejerinteresser.
- Interessekonflikter mellem forskellige foreninger af interessentgrupper.

### Ideer til at bryde barrierer

- Dialog med lodsejere om forretningsmodeller mht. vand som "salgbar afgrøde".
- Bred dialog med alle interessentgrupper forud for VVM-procedure.
- Der kan i særlige tilfælde opnås dispensation fra Naturbeskyttelsesloven § 3.

## Anbefalinger

- Udarbejdelse af mulighedskort for potentielle ådale, hvor virkemidlet kan anvendes.
- Udvikling af pålideligt varslingsystem til styring af, hvornår vand skal tilbageholdes for at minimere risiko for oversvømmelse.
- Få udarbejdet forretningsmodeller for råderet over oversvømmelsesarealer.

### Mere information

Biolog Flemming Kofoed

Holstebro Kommune

Mail: [flemming.kofoed@holstebro.dk](mailto:flemming.kofoed@holstebro.dk)



HOLSTEBRO KOMMUNE

Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)



VANDFORVALTER

[www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)



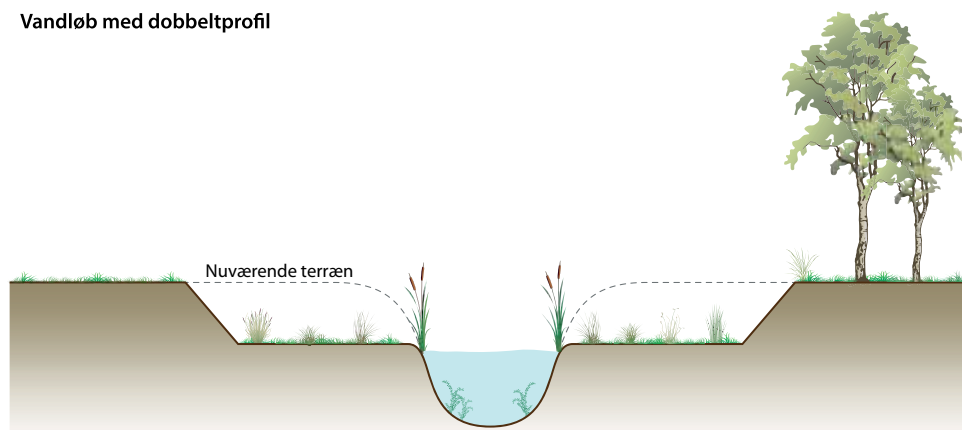


## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Dobbeltprofiler i vandløb

## VANDFORVALTER

#### Vandløb med dobbeltprofil



#### Resumé

Landmanden som Vandforvalter ser perspektiver i klimatilpasnings tiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kunne være etablering af dobbeltprofiler i vandløb, hvor den øvre del af brinkzonen udvides, samtidig med at selve vandløbet tilpasses i et let varieret forløb midt i profilet.

Virkemidlet kan afhjælpe oversvømmelsesrisiko og utilstrækkelige afvandingsforhold på de tilstødende arealer, og det vil evt. kunne virke som et mindre reservoir, der kan give en kortvarig forsinkelse under kraftige regnhændelser. Samtidig opretholdes en god fysisk kvalitet i vandløbet.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Ved lav afstrømning er kun den smalle, centrale del af profilet vandførende, og ved stor afstrømning træder den øvre, brede del af profilet i funktion. Herved sikres en stor vandføringsevne, og der kan skabes en form for kontrolleret oversvømmelse inden for vandløbsprofilet.

- De vandløbsnære arealer er beskyttet mod oversvømmelse.
- Vandløbet kan fungere som forsinkelsesreservoir.

### 2. Sideeffekter

Forbedret biodiversitet og naturkvalitet kan opnås, hvis vandløbet i forvejen har ringe fysiske forhold, og det vil i begrænset omfang kunne bidrage til næringsstofreduktion. Dobbeltprofiler kan evt. kombineres med intelligente randzoner, hvor dræn afskæres og udmunder i en forgrøft.

- Sikrer tilfredsstillende afvandingsforhold på de tilstødende marker.
- Bidrager til god fysisk vandløbskvalitet med god strømhastighed, også ved lav vandføring.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- Afstrømningsforholdene: anlæggelsen skal dimensioneres efter afstrømningsforholdene.
- Hvis formålet er forsinkelse, kræves brede profiler og at en stor del af vandløbene inden for et opland er omfattet.
- Anlæg, det kræver et omfattende entreprenørarbejde.
- Den øvre del af profilet vil blive dækket af vegetation i form af både træer og urter. Derfor kræves en betydelig vedligeholdelsesindsats.
- Ekstra vandløbsvedligeholdelse i vandløb med betydelig sedimenttransport, hvor der vil ske aflejring i den øvre del af profilerne.

### Barrierer for implementering

- Kræver regulativændring eller regulering jf. vandløbsloven.
- Kendskab til afstrømningsforholdene.
- Stort anlægsarbejde.
- Medfører ressourcekrævende vedligeholdelse.
- Et unaturligt vandløbsprofil.

### Ideer til at bryde barrierer

- Inddragelse af lodsejerne i anlægs- og vedligeholdelsesarbejdet.
- Etablering af målestationer i vandløbene.
- Kun etablering i vandløb, der i forvejen er kraftigt modificeret.

## Anbefalinger

- Egner sig bedst til mindre vandløb og grøfter uden for stor sedimenttransport.
- Etablering bør ske i vandløb, der i forvejen har ringe fysisk kvalitet.
- Dobbeltprofiler har primært til formål at sikre afvandingsinteresserne og beskytte mod oversvømmelse af markerne. Hvis formålet også er forsinkelse, skal en stor del af vandløbene i oplandet inddrages.

### Mere information

Niels Bering Ovesen

Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Mail: nbo@dmu.dk



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

Opmagasinerings af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

## Vandtilbageholdelse i ådale ved ændret grødeskæring



VANDFORVALTER



### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kan være at nedsætte vandføringsevnen i vandløbene, hvilket kan ske ved at ændre grødeskæringen målrettet. Grødeskæringen har til formål at forbedre vandløbenes vandføringsevne. Det sker for at undgå, at vandet holdes tilbage og gør skade på landbrugsarealer. En målrettet ændring af grødeskæringen kan fremme den ellers uønskede tilbageholdelse af vand på landbrugsarealer.

Ændret grødeskæring kan fremme oversvømmelser på steder, hvor sådanne gør begrænset skade. Det kan være med til at beskytte områder, der er mere følsomme over for oversvømmelser, som f.eks. nedstrøms beliggende bygninger eller byer.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Periodisk tilbageholdelse af vand på mindre følsomme arealer for at mindske risikoen for eller omfanget af oversvømmelse på nedstrøms beliggende arealer.

- Kan opnås ved justering af eksisterende vedligeholdelse.
- Virkemidlet er billigt at benytte.
- Flytter ulemperne ved oversvømmelser derhen, hvor de gør mindst skade.

### 2. Sideeffekter

- Øget næringsstofreduktion.
- Beskytter naturen og øger biodiversiteten.
- Kan med fordel kobles med ekstensivering af landbrugsdriften.
- Der kan være negative effekter på vandløbene.
- Der kan være negative effekter på oversvømmelsesfølsom natur.



## Virkemidlets effekter afhænger af:

- Grødens effekt på vandføringsevnen og muligheden for at mindske vandføringsevnen.
- Beliggenheden og størrelsen af indsatsområdet i forhold til målområdet.
- Det vandløbsnære terræn i og opstrøms indsatsområdet.
- Virkemidlets potentiale varierer fra vandløb til vandløb.
- Afdækning af potentialet kræver lokale beregninger.

### Barrierer for implementering

- Manglende sammenhæng mellem grødeskæring og vandføringsevne.
- Naturbeskyttelsesloven § 3 i relation til beskyttet natur.
- Vandplanerne i relation til vandløbskvaliteten.
- Lodsejerne i indsatsområdet.

### Ideer til at bryde barrierer

- Bruge vandløbsrestaurering som virkemiddel til at fremme oversvømmelser.
- Dynamisk ændring af grødeskæringen for at muliggøre periodisk ekstensiv arealanvendelse i indsatsområdet.
- Attraktive kompensationsaftaler med lodsejerne.
- Der kan i særlige tilfælde opnås dispensation fra Naturbeskyttelsesloven § 3.

## Anbefalinger

- Etablere attraktiv kompensationsordning.
- Overvåge effekterne gennem vandførings- og vandstandsmålinger både i indsats- og målområdet.
- Beslutte brugen af virkemidlet i lodsejerlaug.

### Mere information

Henrik Vest Sørensen

Orbicon

Mail: [vest@orbicon.dk](mailto:vest@orbicon.dk)



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

## Opmagasinerings af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Restaurering af vandløb



## VANDFORVALTER



### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kunne være restaurering/genslyngning af vandløb, som nedsætter vandføringsevnen, hvorved der kan skabes naturlige vådområder, som oversvømmes en eller flere gange i løbet af året.

Virkemidlet kan potentielt bruges som en slags forsinkelsesmekanisme ved store nedbørshændelser, fordi vandet bliver bremset, når de restaurerede vandløb oversvømmer de nævedliggende engarealer. På den måde kan store vandstandsstigninger længere nedstrøms potentielt forsinkes/formindskes.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Når man genslynger vandløb, hæver vandløbsbunden og ophører med grødeskæring og oprensning, nedsættes vandløbets vandføringsevne, hvilket medfører lejlighedsvis oversvømmelser af nærliggende engarealer. Dermed forsinkes/formindskes vandstandsstigninger nedstrøms.

- Vandløbet føres tilbage til dets naturlige tilstand, hvilket har betydning for biodiversiteten i vandløbet og ådalen.
- Når først etableret, kræver vandløbet minimal vedligeholdelse.

### 2. Sideeffekter

- Næringsstofreduktion kan ske via denitrifikation og sedimentation i engarealerne under oversvømmelser.
- Restaurering af vandløb medfører større biodiversitet og et mere naturligt vandmiljø.
- Rekreative områder skabes i forbindelse med at vandløb og ådale bringes tilbage til deres naturlige form og dynamik.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- At der er mulighed for at restaurere vandløb i brede ådale med lavt relief.
- Muligheden for at længere strækninger kan inddrages i restaureringen.
- Kræver ekstern finansiering til restaureringsarbejdet.
- Landmanden stiller arealerne omkring åen til rådighed, både til selve vandløbsrestaureringen og giver tilladelse til efterfølgende periodevise oversvømmelser
- Kompensation til eller aftale med landmanden om kompensation for inddragelse af landbrugsjord.

### Barrierer for implementering

- Relativt store etableringsudgifter.
- Eventuel risiko for fosforlækager fra den tidligere landbrugsjord.
- Længere strækninger formodes at skulle inddrages, før restaureringen har en effekt.
- Mange lodsejere skal være enige om at gå ind i projektet, og inddragelse af jord er nødvendig for gennemførelse.
- Der mangler dokumentation for hvor lange strækninger, der skal restaureres, for at opnå en betydelig effekt på den nedstrøms vandstand.
- For hvert restaureringsprojekt er det nødvendigt at udarbejde et individuelt design af restaureringen, da denne afhænger af lokale forhold som f.eks. arealanvendelse, topografi og hydrologi.

### Ideer til at bryde barrierer

- Systematiske undersøgelser af effekten af allerede restaurerede ådale på nedstrøms vandstand.
- Restaurerede ådale vil typisk kunne anvendes til græsning i sommerhalvåret, og inddrages dermed kun delvist ift. landmandens rådighed over jorden.
- Lokalt kan restaureringsprojekter i ådale indgå i mere langsigtede projekter, hvor virkemidlet kobles med forbedring af vandmiljø og terrestrisk miljø.

## Anbefalinger

- Virkemidlets effekt skal undersøges i forhold til, hvor store ådalsarealer og vandløbsstrækninger, der skal restaureres, for at en betydelig effekt kan registreres, bl.a. på baggrund af undersøgelser af effekten af allerede restaurerede områder.
- En grundig forundersøgelse skal foretages for at udvælge områder, der er hydrologisk egnede, og hvor sideeffekterne vil være særligt gavnlige.

### Mere information

Professor Brian Kronvang

Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Mail: bkr@dmu.dk



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)



## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Opmagasinering af vand i vådområder



## VANDFORVALTER



### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kunne være at øge vandløbets kapacitet ved at genskabe den naturlige forbindelse mellem vandløb og dets omgivelser. På den måde kan vand opmagasineres i lavninger, som kan etableres enten med eller uden terrænregulering, med flade sider, så det falder ind i de naturlige terrænformer.

Afhængigt af tilgængelige arealer kan lavningerne dimensioneres efter hvilken hændelse, man ønsker at sikre imod. Når vandmængden i vandløbet stiger på grund af regn, tvinges vandet over i lavningerne langs vandløbet. Her opmagasineres overfladevandet og ledes langsomt tilbage til vandløbet igen.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Vand fra vandløbet løber over sine bredder og ind i lavninger/bassiner, der etableres vha. terrænregulering. Herved kontrolleres oversvømmelsen.

- Øger vandløbets kapacitet, og opmagasinerer vand ved store regnskyl.
- Kan dimensioneres til en ønsket regnhændelse, men stiller krav til størrelsen af de arealer, der er til rådighed.
- Beskytter arealerne nedstrøms og opstrøms lavningsbassinerne.
- Beskyttelse mod erosion af vandløbet nedstrøms.

### 2. Sideeffekter

- Øget nitratomsætning og tilbageholdelse af sediment og fosfor.
- Området kan anvendes til rekreative formål.
- Området kan i tørre perioder anvendes til græsning eller dyrkning af afgrøder, der tåler periodisk oversvømmelse.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- At der er arealer til rådighed langs vandløbet.
- At det jord der afgraves kan anvendes i projektområdet eller i nærheden, så man undgår store jordtransporter.
- Størrelsen af lavningerne/bassinerne skal dimensioneres efter de lokale forhold og ønskede tilbageholdelseskapaцитet.

### Barrierer for implementering

- At de områder, der oversvømmes, er beskyttede naturområder jf. Naturbeskyttelsesloven § 3.
- Størrelsen af arealer til rådighed.
- Mulig lodsejermodstand mod projektidéen eller finansieringsmodellen.
- Vedligeholdelse af arealerne.

### Ideer til at bryde barrierer

- Virkemidlet anvendes på naturområder, der er tolerante overfor oversvømmelse.
- Samarbejde om udpegning af potentielle arealer mellem kommune og landmænd.
- Få vedtaget en holdbar finansieringsmodel, som bl.a. indbefatter vedligeholdelse af anlægget.
- Afgræsningsaftaler og tilbud om hegning.
- Der kan i særlige tilfælde opnås dispensation fra Naturbeskyttelsesloven § 3.

## Anbefalinger

- Screening for potentielle arealer langs vandløbene.
- En fleksibel og brugbar finansieringsmodel for anlægstypen, så det er let for kommunerne at få aftalerne igennem med lodsejerne.
- Udnyt at lavningerne kan dimensioneres til forskellige regnhændelser.

### Mere information

Charlotte Højbjerg

Herning kommune

Mail: ngoch@herning.dk



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

## Vandtilbageholdelse i vådområder: Odense Å case område



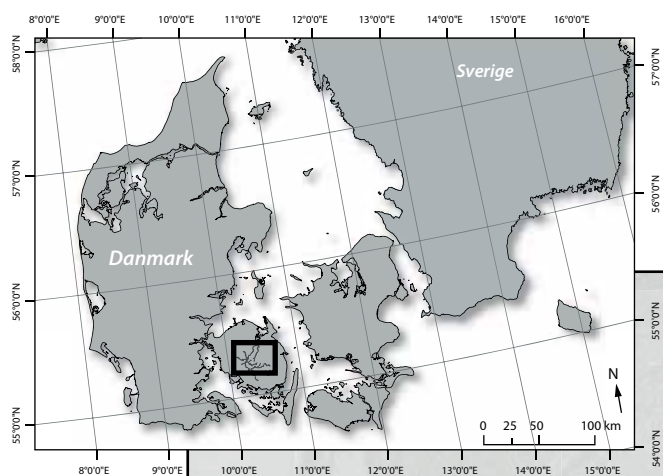
## VANDFORVALTER

## Resume

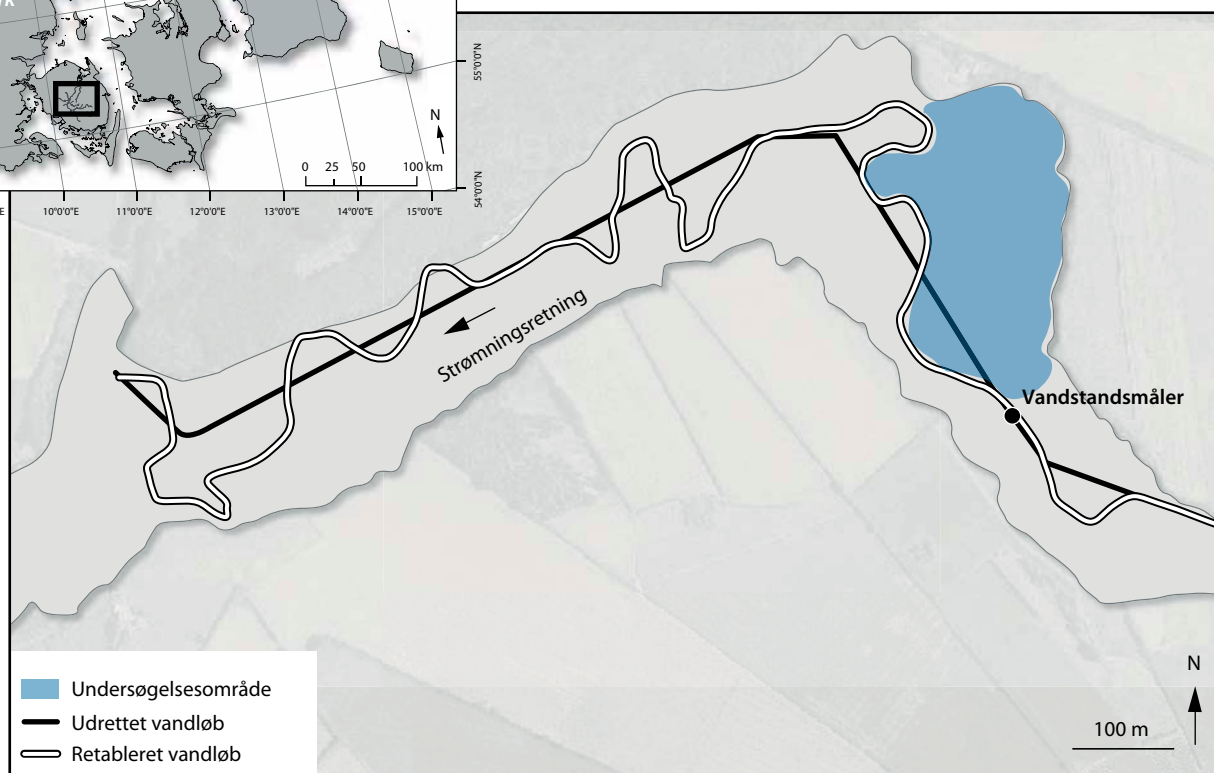
Skybrud har i de senere år medført oversvømmelser af byområder flere steder. De store mængder regnvand stiller krav om kontrolleret afledning til vandløbene for at undgå oversvømmelser. Vandtilbageholdelse via midlertidige oversvømmelser af vådområder kan i den sammenhæng potentielt benyttes til at forsinke/formindske vandstandstigninger nedstrøms. Dette kan bl.a. komme i spil som en sideeffekt i forbindelse med restaureringsprojekter i vandløb. Der er på baggrund af et detaljeret studie af oversvømmelse af et restaureret vådområde langs Odense Å undersøgt, hvorvidt oversvømmelser af vådområder opstrøms potentielt kan have en midlertidig effekt på vandstanden nedstrøms.

## Restaurering af Odense Å

En ca. 17 km strækning af Odense Å, syd og nord for Nørre Broby, blev i perioden 2003 til 2009 retableret. Retableringen blev foretaget ved, at åens forløb blev genslynget samtidig med, at vandløbsbunden blev hævet. Dermed blev vandføringskapaciteten betydeligt nedsat, og vådområder blev genskabt langs med vandløbsstrækningen. Konsekvensen af restaureringen af Odense Å har været, at flere af vådområderne periodevist er oversvømmede i forbindelse med større afstrømningshændelser. Oversvømmelsesmønstret langs 0,78 km af vandløbet i et af områderne, ca. 9 km syd for Nørre Broby, er blevet detaljeret undersøgt i forbindelse med et forskningsprojekt på Aarhus Universitet (Poulsen et al., 2013) (figur 1). For det udvalgte område blev oversvømmelsens dynamik undersøgt ved hjælp af numerisk modellering og direkte måling af vandhastigheder på det oversvømmede vådområde.



Figur 1. Oversigtskort over den retablerede vandløbsstrækning, Odense Å, Syd for Nørre Broby.



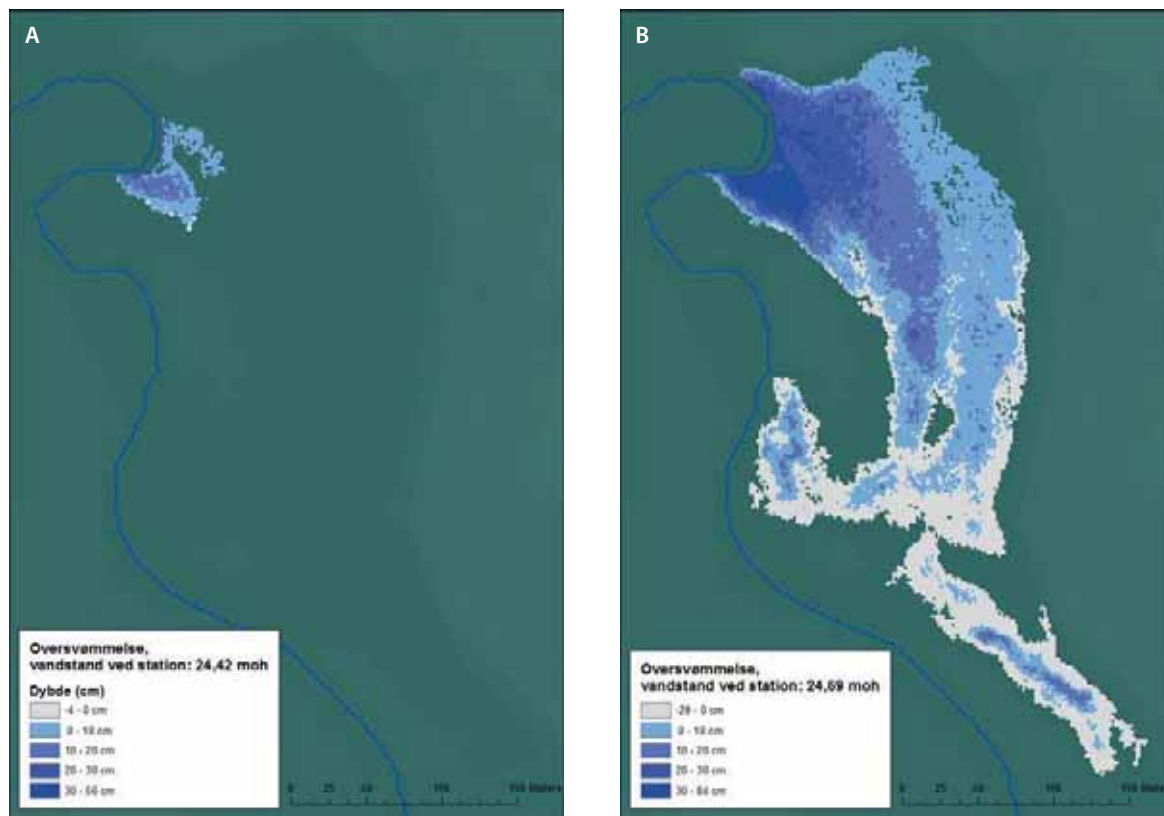
## Virkemåde og effekt

Når vandløbets vandføringsevne nedsættes, kan det medføre oversvømmelse af nærliggende engarealer/vådområder. Dermed kan der potentielt skabes en reservoirkapacitet, fordi vandløbet "taber" vand til vådområdet, hvormed vandstandsstigningen kan både forsinkes og mindskes nedstrøms. Vådområdet kan også fungere som et slags dobbelt profil (se faktaarket om Dobbeltprofiler) i de tilfælde, hvor vand kan løbe både ind og ud af vådområdet, f.eks. i tilfælde af relativt smalle ådale og lavt relief, eller under meget høje vandstande. Dette vil også potentielt bevirke en vandstandssænkning nedstrøms under en stigende fase af en stor nedbørshændelse. I det følgende er effekten på vandstanden nedstrøms kun undersøgt i den periode, hvor vådområdet primært bliver fyldt op, dvs. før vådområdet begynder at virke som en form for dobbeltprofil. Dermed dækker analysen kun et overslag på en minimumseffekt på en nedstrøms vandstandssænkning.

På baggrund af den undersøgte 0,78 km retablerede strækning af Odense Å, er der lavet en overslagsberegning af effekten af de samlede 17 km retableret vandløb på vandstanden ved hydrometristationen ved Kratholm, som ligger ca. 24 km nedstrøms det undersøgte område. Umiddelbart opstrøms det undersøgte område er vandstanden kontinuert registreret. Sammen med strøm-

ningsresultaterne fra den numeriske model, er det blevet fastlagt, at oversvømmelsen af vådområdet starter ved en vandstand på 24,42 m.o.h ved den opstrøms station. Ved en vandstand på 24,69 m.o.h ændres strømningssystemet på vådområdet til en situation, hvor vandet i hele vådområdet strømmer, og hvor vandet kontinuert løber ind i den opstrøms ende af vådområdet og ud i den nedstrøms ende. På baggrund af de to bestemte vandstande er det tilbageholdte vandvolumen i vådområdet beregnet ved hjælp af GIS og detaljerede højdemodel-data for engarealernes topografi (figur 2). Ved den maksimale vandtilbageholdelse er det oversvømmede areal 43.787,35 m<sup>2</sup>, og vandvolumenet er på 3648,10 m<sup>3</sup>. Da den undersøgte vandløbsstrækning udgør 5 % af den samlede retablerede strækning, antages det, at vådområdet også tilbageholder ca. 5 % af den samlede vandmængde, der kan tilbageholdes langs hele den retablerede strækning. Dermed kan den som minimum samlede vandtilbageholdelse beregnes, dog ud fra den forsimplede antagelse, at hele den retablerede strækning opfører sig på nøjagtigt samme måde som den undersøgte.

For tre forskellige oversvømmeshændelser, indenfor det ovenfor givne vandstandsinterval, er den maksimale vandstandssænkning nedstrøms ved Kratholm beregnet,



**Figur 2.** Illustration af oversvømmelsens udbredelse langs den 0,78 km strækning undersøgt. Vandstande er målt ved en station lige opstrøms området afbilledet. 2A) Oversvømmelsens udbredelse ved start. 2B) Oversvømmelsens udbredelse umiddelbart før vandet begynder at strømme ud igen fra det oversvømmede område.



resultaterne ses i tabel 1. De potentielle vandstandssænkninger er beregnet ud fra, hvor meget den samlede opfyldningsrate af vådområderne udgør af den gennemsnitlige vandføring ved Kratholm, i den samme periode som opfyldningen pågår. Det ses tydeligt, at jo hurtigere vandstandsstigningen foregår, jo større nedstrøms vandstandssænkning estimeres der; med den største vandstandssænkning på 15-20 cm for hændelsen, der varede 5 timer (Tabel 1). Dermed tyder data fra Odense Å på, at de hyppigt gennemførte restaureringer af vandløb i forbindelse med genskabelse af vådområder og tidvist oversvømmede enge, kan have en vandstandssænkende effekt nedstrøms, men at effekten vil afhænge af bl.a. varigheden af nedbørshændelsen. Endvidere forventes det også, at effekten nedstrøms vil fortsætte ved endnu højere vandstande hvor vandet begynder at strømme ud igen fra vådområdet.

## Hvad sker der med arealanvendelsen?

I forbindelse med retablering af vandløb vil det oftest involvere, at arealanvendelsen i de vandløbsnære områder omlægges fra omdrift til permanent græsningsarealer eller høsletarealer, eftersom arealerne vil blive udsat for periodevis oversvømmelser. Dog vil antallet og varigheden af oversvømmelserne kunne variere meget, afhængigt af forholdene i de forskellige retablerede områder. I eksemplet fra Odense Å har retableringen medført, at det undersøgte vådområde i gennemsnit er oversvømmet 40 dage i vinterhalvåret i perioden 2006-2012 og de periodevis oversvømmelser bevirker, at op til 300 m af ådalens bredde på højre side af vandløbet er påvirket. Der kan dog ikke siges noget generelt om størrelsen af de arealer, der bliver påvirkede i forbindelse med restaureringsprojekter, da det vil afhænge af de topografiske/hydrologiske forhold i de enkelte ådale.

Tabel 1.

Dato	Varighed	Vandføring Kratholm start (m <sup>3</sup> /s)	Vandføring Kratholm slut (m <sup>3</sup> /s)	Samlet opfyldningsrate for alle vådområder (m <sup>3</sup> /s)	Vandstandssænkning ved Kratholm (cm)
December 2006	19 timer	8,3	10,0	0,6	5-10
Januar 2007	48 timer	9,9	12	0,3	0-5
Februar 2007	5 timer	7,8	10,1	2,4	15-20

## Potentialer

### For samfundet

- Hvis længere strækninger af vandløb genslynges og ådalene genskabes med periodevis oversvømmelser til følge, kan det bevirke, at nedstrøms oversvømmelser i bebyggede områder mindskes eller forsinkes. Dermed kan eventuelle materielle skader mindskes.

### For landbruget

- I forbindelse med retablering af vandløb og vådområder er der mulighed for en ekstra effekt for landmanden i form af fosfortilbageholdelse og en omsætning af nitrat, som kan indregnes i en eventuel fremtidig emissionsbaseret dyrkning.

### For naturen

- Næringsstofreduktion kan ske via denitrifikation og sedimentation i engarealerne under oversvømmelser; til gavn for vandmiljøet i nedstrøms søer og fjorde.
- Restaurering af vandløb medfører større biodiversitet og et mere naturligt vandmiljø.
- Rekreative områder skabes i forbindelse med at vandløb og ådale bringes tilbage til deres naturlige form og dynamik.



## Udfordringer

Den præcise effekt af reablering af vandløb og ådale/vådområder afhænger helt af de enkelte områder, hvor både topografi og hydrologi spiller en afgørende rolle for mulighederne for at udnytte periodevis oversvømmelser. Som eksemplet fra Odense Å illustrerer, så afhænger opmagasineringseffekten i vådområderne af varigheden og intensiteten af vandstandsstigningen, og effekten kan ikke reguleres, som det f.eks. er muligt ved etablering af bassiner eller sluseanlæg. Dermed er virkemidlet i første omgang primært relevant for en generel forebyg-

gelse af oversvømmelser af nedstrøms byarealer, der under særligt store nedbørshændelser er i fare for oversvømmelser.

Effekten af virkemidlet vil endvidere afhænge af muligheden for, at længere strækninger kan inddrages i restaureringen og af ådalens bredde. Samtidig er der en række krav, der skal opfyldes bl.a. i forbindelse med ekstern finansiering af restaureringsarbejdet, tilladelse af lodsejeren samt kompensation for inddraget landbrugsjord.

## Anbefalinger til lovgivning, forskning og proces

For at kunne forudsige den præcise effekt af vandtilbageholdelse i oversvømmede vådområder, kræves der detaljeret viden om samspillet i mellem vådområdernes topografi og respons på forskellige nedbørshændelser. Det vil kun være muligt at estimere sådanne effekter ved hjælp af detaljerede opmålinger og numerisk hydraulisk model-

lering af områderne. Derfor vil projekter, der involverer både monitorering af reablerede vådområder samt modelering af vandets udbredelse under oversvømmelser, kunne bidrage med viden om, bl.a. hvor lange strækninger og hvor brede ådale der skal etableres, før det har en effekt på vandstanden nedstrøms.

### Landmanden som Vandforvalter

Landmanden som Vandforvalter lægger op til at ændre måden, vi håndterer vores miljø-udfordringer på. Det gøres bedst i et samspil mellem kommuner, landbruget og eksperter, hvor man bringer de forskellige aktørers viden i spil. På den måde kan vi finde løsninger, som gavner alle involverede: Landmanden skal kunne indtænke klimatilpasning som nyt forretningsområde - og byerne vil mindske risikoen for store udgifter til genopretning.

[www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

### Referencer

Poulsen, J.B., Hansen, F., Ovesen, N.B., Larsen, S.E. & Kronvang, B. (2013). Linking floodplain hydraulics and sedimentation patterns along a restored river channel: River Odense, Denmark. Ecological Engineering, doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.05.010.

### Mere information

PhD Jane Bang Poulsen &  
Professor Brian Kronvang,  
Aarhus Universitet, Institut for Bioscience  
Mail: bkr@dmu.dk



## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Terrænbestemte lavninger



## VANDFORVALTER



### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land. Et muligt virkemiddel er at uddybe allerede eksisterende lavninger i landbrugslandskabet. Virkemidlet kan være med til at forsinke vandet og dermed afhjælpe oversvømmelser nedstrøms.

De terrænbestemte retentionsbassiner kan tilbageholde vand i perioder med kraftig nedbør eller snesmeltning. Arealerne, hvor bassinerne skal etableres, tages midlertidigt/permanent ud af drift, og kan på den måde virke som remiser for insekter og planter og øge biodiversiteten i det åbne land.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Opmagasinering af vand ved uddybning af eksisterende lavninger i landskabet, hvilket vil medvirke til at hindre uønskede oversvømmelser.

- Beskyttelse af vandløb mod jord- og sedimenterosion i oplandet, hvilket vil give bedre fysiske forhold i vandløbene.
- Øget tilbageholdelse af næringsstoffer, især partikelbundet fosfor, til gavn for vandmiljøet.

### 2. Sideeffekter

- Virkemidlet er fleksibelt, da det kan tilpasses både lokale terræn- og jordbundsforhold samt lodsejers ønsker.
- Vandlidende områder, der kan være vanskelige at dyrke, kan omlægges til retentionsbassiner og derigennem til små vildtremiser.
- Remiser kan hjælpe med at øge den biologiske mangfoldighed i det åbne land.



## Virkemidlets effekter afhænger af:

- Tydelige transportveje i landskabet, der kan lede vand til de terrænbestemte lavninger.
- Omkring det modtagende vandløbssystem skal der være bebyggelse eller infrastruktur, der vil påvirkes negativt af oversvømmelser.
- Om det modtagende vandløbssystem og dets tilløb til søer eller fjorde påvirkes negativt af næringsstoffer med kilde i oplandet.
- Hvorledes myndigheder tilgodeser støttemuligheder for virkemidlet.
- Udarbejdelse af kompenseraftale med lodsejere.

### Barrierer for implementering

- Det er en forudsætning for virkemidlet, at der findes oplande, der både har den rette hældning, jordbund, nedbørmønstre, transportveje samt tilstedeværelse af terrænbestemte lavninger.
- Lodsejermotstand mod inddragelse af egnede arealer til etablering af retentionsbassinerne.

### Ideer til at bryde barrierer

- Udførelse af beskrivende analyser, der afdækker terrænbestemte lavninger samt terrænhældning, jordbund, nedbørmønstre og transportveje for at klarlægge muligheder for at etablere retentionsbassiner.
- Der kan gennemføres pilotprojekter, som kan bruges til generel information af såvel myndigheder som potentielle lodsejere.
- En god forretningsmodel for landmanden.

## Anbefalinger

- Der udarbejdes mulighedskort for potentielle ådale, hvor virkemidlet kan anvendes.
- Bestemmelserne for retentionsbassinerne indføres i regulativerne for vandløbene.
- Oprettelse af en fleksibel og brugbar finansieringsmodel for anlægstypen, så det er let for kommunerne at få aftalerne igennem med lodsejerne.

### Mere information

Henrik Vest Sørensen

Orbicon

Mail: vest@orbicon.dk



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)



## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Randzoner

## VANDFORVALTER



### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kan være etablering af 'intelligent' udlagte randzoner, hvor markdræn udmunder i en forgrøft/vådområde inden randzonen i stedet for at løbe direkte ud i vandløbet.

Virkemidlet kan være med til at forsinke drænvandets afstrømning til vandløb og vil dermed virke som en mini-vandbuffer i landskabet under regnhændelser. Desuden kan virkemidlet give effekter i forhold til en øget omsætning af nitrat og tilbageholdelse af partikulært fosfor fra drænvand.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Drænvand løber ud i en forgrøft eller et lille vådområde før randzonen og skal derefter gennemsive denne, før det når ud til vandløbet. Derved øges fordampningen og vandafstrømningen fra marken formindskes, når det regner.

- Kan anvendes i særligt sårbare områder, hvor der er god ledningsevne i randzonen.
- Kræver lokal dimensionering.

### 2. Sideeffekter

Potentielle synergieffekter:

- Øget nitratomsætning.
- Habitatforbedringer i vandløb ved beplantning med træer i randzonen.
- Øget tilbageholdelse af fosfor, men også risiko for fosforlækage fra puljer i jorden.

## Virkemidlets effekter afhænger af:

- De lokale forhold: Der skal dimensionere hydraulisk efter de lokale forhold både ift. bredden af randzonen og dimensioner af grøft/vådområde.
- Behov for at kende dræns placering og deres vandafstrømning, samt jordbundsforhold og fosfor-bindingskapacitet i randzonen.
- Gravearbejde og jordflytning det kan ske med egen eller naboers maskinpark, og ofte vil flere landmænd med fordel kunne gå sammen om etableringen.
- Der er behov for tilskud til etablering af randzonen og grøften/vådområdet, herunder til forundersøgelser og projekteringen.
- Der er behov for tilskud til beplantning med træer langs vandløb og græsning/høslæt af randzonen.

### Barrierer for implementering

- Randzonenloven og Naturbeskyttelsesloven § 3.
- Mangler eksperimentel påvisning af effekt.
- Inddragelse af andre landmænd.

### Ideer til at bryde barrierer

- Udpegning af egnede områder langs vandløb, nok oftest langs de mindre vandløb og grøfter.
- Samarbejde med kommunen om udpegning.
- Brug lokal viden om dræns placering.
- Der kan i særlige tilfælde opnås dispensation fra Naturbeskyttelseslovens § 3.

## Anbefalinger

- Tillad en differentieret etablering af randzoner i landskabet.
- Behov for eksperimentel fuldskala test for at undersøge og optimere randzonens evne til vandforsinkelse, næringsstof tilbageholdelse og biodiversitet.
- Fremadrettet skal der udpeges placeringer til de intelligente randzoner.

### Mere information

Professor Brian Kronvang

Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Mail: bkr@dmu.dk



Netværksprojektet Landmanden som Vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

## Opmagasinerende af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

## Udlægning af 'intelligente' randzoner – eksempel



## VANDFORVALTER

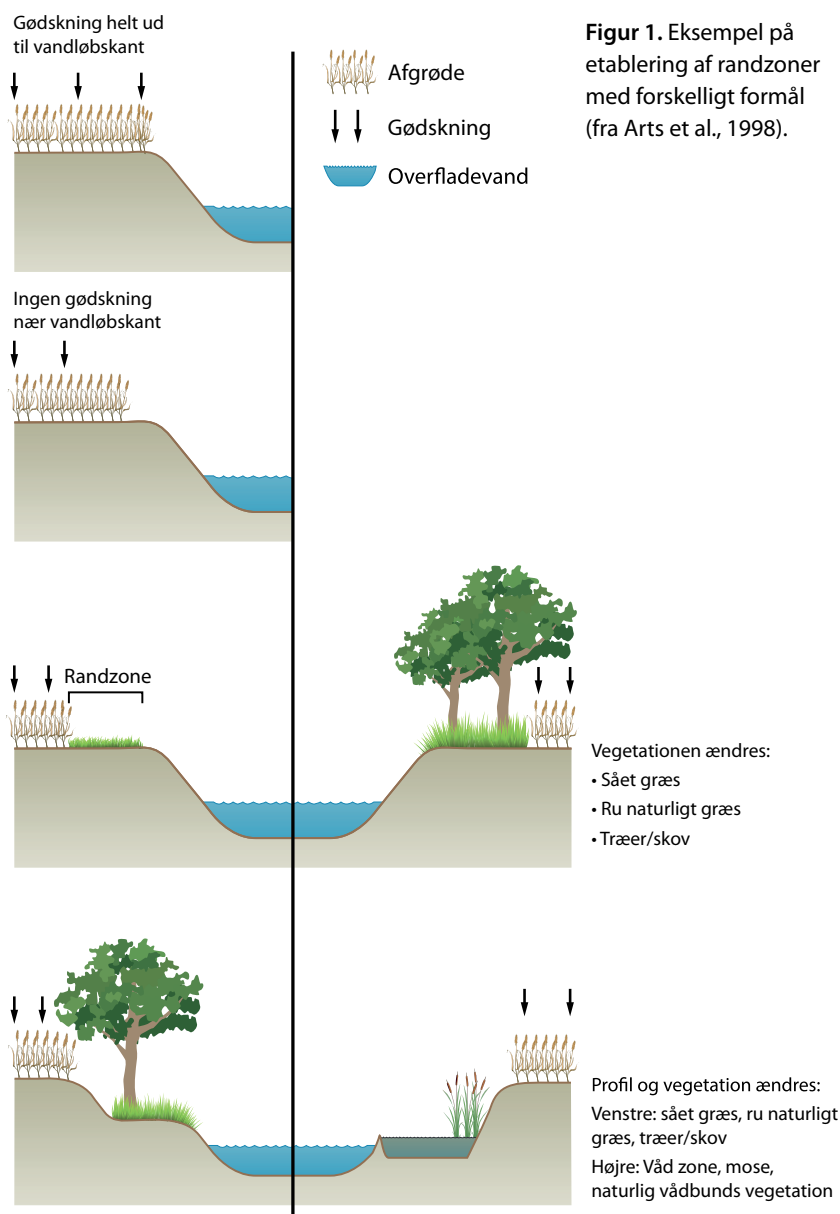
## Resume

Skybrud har i de senere år medført oversvømmelser af byområder flere steder. De store mængder regnvand stiller krav om kontrolleret afledning til vandløbene for at undgå oversvømmelser. Specielt designede randzoner kan i denne sammenhæng bruges til at forsinke afledningen af vand fra drænrør, så risikoen for oversvømmelser i byer længere nedstrøms nedsættes. Der er dog endnu ikke gennemført fuldskala eksperimentelle forsøg med denne type af 'aktive - Engineered' randzoner, som hydraulisk skal designes lokalt i forhold til drænenes vandafstrømning.

## Generelt om randzoner

Der findes i princippet to typer af randzoner: 1) Den tørre randzone – som oftest etableres ved at ophøre dyrkning, gødsning og sprøjtning i en stribe af land af varieret bredde langs vandløb og søer. Et eksempel herpå er de lovmæssigt vedtagne randzoner fra juni 2012. 2) Den våde randzone – som etableres ved at ændre på hydrologien (grundvandsstanden) i randzonen enten ved at ændre på vandspejlsforholdene i vandløbet langs randzonen (f.eks. ændret vandløbsvedligeholdelse eller vandløbsrestaurering af en eller anden form, som i begge tilfælde reducerer vandføringsevnen) eller ved at ændre på vandstandsforhold i tilstødende arealer (f.eks. ved at lade drænvand gennemsnive randzonen fra en parallel grøft etableret langs randzonen).

I det første tilfælde er randzonens primære funktion at tilbageholde, omsætte og optage jord og næringsstoffer, som med overfladisk afstrømning løber ind i randzonen fra de tilstødende marker. Samtidig er der ved ophør af gødsning og dyrkning af den tørre randzone en miljøgevinst i form af en reduceret udvaskning af nitrat, samt en beskyttelse mod tab af pesticider med vinddrift fra mark til overfladevand. I den våde randzone er der flere miljøgevinster, end det er tilfældet i den tørre randzone, men også miljørisici. Det skyldes at randzonen på grund af en permanent høj grundvandsstand, ved denitrifikation, kan omsætte til-



Figur 1. Eksempel på etablering af randzoner med forskelligt formål (fra Arts et al., 1998).

strømmende nitrat fra øvre grundvand fra markerne under vandets passage af randzonen. Da der i dette tilfælde opstår en større zone i jordprofilen med iltfrie forhold, kan det medføre en frigivelse af opløst fosfat fra de puljer af fosfor, der allerede ligger bundet til primært de amorfe jernforbindelser i randzonens øvre jordlag (Kronvang et al., 2011). De forskellige muligheder er vist i figur 1.

## Virkemåde og effekt

Hvis en mark er drænet med drænrør gennem randzonen, vil effekten af randzonen for omsætning af kvælstof være meget begrænset. Samtidig vil der formentligt også sjældent dannes overfladisk afstrømning på marken, da drænene vil aflede vandet effektivt fra bunden af rodzonen. En anden 'aktiv' måde at anvende randzonen på, er at etablere et lille langstrakt vådområde (som en bred grøft) langs med randzonen, som drænene fra marken udmunder i istedet for at ende i vandløbet (figur 2) (Geertz, 2012). Herved vil der kunne ske en sedimentation i det anlagte vådområde og ske både N-omsætning i vådområde og den vådere randzone, som nu gennemsives af drænvandet fra det anlagte vådområde.

Denne virkemåde er ikke undersøgt i Danmark, men vil især kunne etableres i landskaber, hvor drænene ikke afvander for store marker. Det er derfor også vigtigt, at det lokalt sker en dimensionering af det langstrakte vådområde/grøft langs randzonen, som inddrager viden om vandafstrømningen i de(t) dræn som skal udmunde i vådområdet/grøften. Kun ved en korrekt dimensionering kan en sådan løsning være med til at forsinke drænvandets passage af randzonen, så de kan medvirke til at nedsætte de maksimale afstrømninger nedstrøms i vandløbet. Vigtigheden af en korrekt hydraulisk dimensionering, der også inddrager viden om den hydrauliske ledningsevne i randzonens materiale, skyldes, at der skal være mulighed for, at vandet fra drænene kan nå at gennemsive randzonen uden at danne overfladisk afstrømning, som ellers

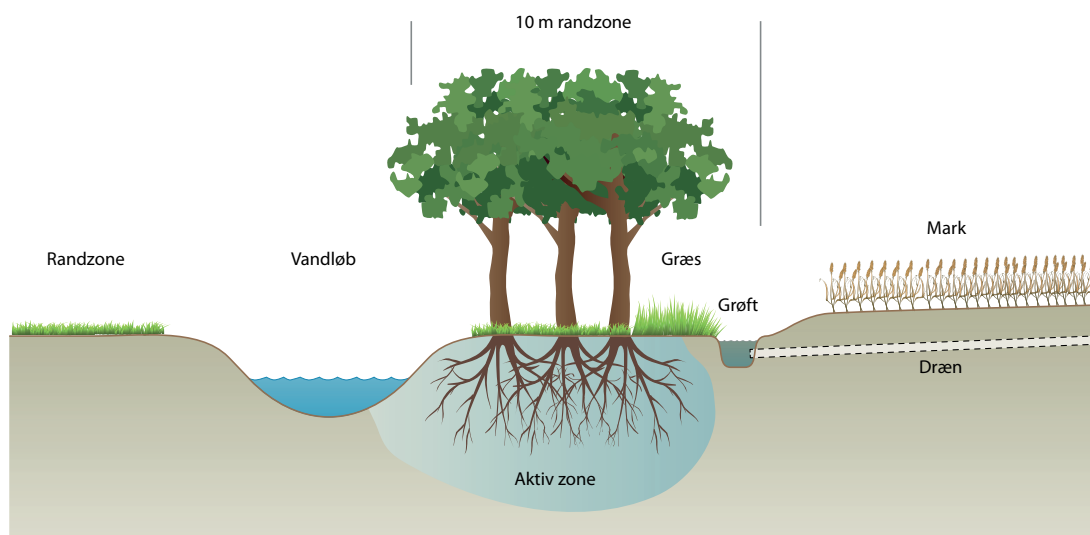
kan give store problemer med erosion i randzonens materiale. Desuden kan der være risici for P frigivelse ved at øge grundvandsstanden i randzonen, især hvis den i forvejen indeholder store mængder fosfor og randzonen har et lille FeBD/PBD ratio (Kronvang et al., 2011). Dette skal derfor undersøges, inden vådområdet anlægges.

Ved plantning af træer og anden høj vegetation i randzonen opnås der ekstra fordele såsom nedsat erosion af vandløbets brinker langs randzonen, mere kulstofinput til og beskygning af vandløbet, større biologisk optag af næringsstoffer øget fordampning i sommerhalvåret og en dermed mindre vandafstrømning fra de dræn, som er vandførende om sommeren.

### Hvad sker der med arealanvendelsen?

Der skal ske en lokal dimensionering af både randzone og vådområde/grøft systemet langs randzonen som inddrager viden om drænenes aktuelle placering og deres vandafstrømning. Derfor kan der ofte lokalt skulle afgives mere land end de gældende 10 m randzoner. Der kan være tale om måske 10-50 m randzone inklusive vådområdet/grøften i kanten mod markerne skal etableres.

Landbrugsdriften kan fortsætte på det tilstødende areal, mens der i randzonen enten kan være permanent trævegetation (natur) i en zone tættest på vandløbet og ellers ske en eller anden form for græsning eller høslæt af resten af randzonen, især ved de bredere randzoner.



**Figur 2.** Eksempel på hvordan en randzone med gravet parallelgrøft til gennemsivning af drænvand i randzonen kan etableres med træer i randzonen og græs mod grøften.



## Potentialer

### For samfundet:

- Når vandet forsinkes, bliver den maksimale afstrømning ved kraftig regn mindre, og derfor nedsættes risikoen for oversvømmelser i nedstrøms byer.
- Mulighed for ny natur og rekreative områder.

### For landbruget:

- Landbrugsdriften kan fortsætte uhindret på de tilstødende marker.
- Der kommer en ekstra effekt for landmanden i form af kvælstofomsætning, som kan indregnes i en eventuel fremtidig emissionsbaseret dyrkning.

### For naturen:

- Bedre fysiske forhold i vandløbet pga. mindre erosion af brinkerne, beskygning af vandløb fra træerne og nedfald af grene, der giver habitater og blade som kulstofkilde.
- Der kan etableres nye små vandområder i landskabet.
- Øget tilbageholdelse af næringsstoffer, især partikelbundet fosfor og nitrat, hvilket vil gavne vandmiljøet.

## Udfordringer

- Der skal udvikles en forretningsmodel, som beskriver den betaling, lodsejeren skal modtage for at stille jorden til rådighed for denne type af randzoner.
- Der skal gennemføres projekteringer og er brug for målinger af drænastrømning og fosfor indholdet i områdets jord til brug for dimensionering og detailplanlægning.
- Der skal tages hensyn til eksisterende værdifuld natur.

### Landmanden som Vandforvalter

Landmanden som Vandforvalter lægger op til at ændre måden, vi håndterer vores miljøudfordringer på. Det gøres bedst i et samspil mellem kommuner, landbruget og eksperter, hvor man bringer de forskellige aktørers viden i spil. På den måde kan vi finde løsninger, som gavner alle involverede: Landmanden skal kunne indtænke klimatilpasning som nyt forretningsområde - og byerne vil mindske risikoen for store udgifter til genopretning.

[www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

### Mere information

Professor Brian Kronvang,  
Aarhus Universitet,  
Institut for Bioscience  
Mail: [bkr@dmu.dk](mailto:bkr@dmu.dk)



AARHUS  
UNIVERSITET

### Referencer

- Stutter, M., Chardon, W. & Kronvang, B. (2012). Riparian buffer strips as a multifunctional management tool in agricultural landscapes: Introduction. *Journal of Environmental Quality* 41:297-303.
- Kronvang, B., Wiborg, I., Heckrath, G.J. & Baattrup-Pedersen, A. (2010). Multifunktionelle randzoner for natur, miljø og friluftsliv. *Jord og Viden*, vol 155, nr. 9:12-15.
- Heckrath, G., Kjærgaard, C., Hinger, J., Andersen, H.E. & Kronvang, B. (2010). Randzoner som fosforfiltre. *Vand og Jord*, vol 17, nr. 2:55-57.



[Tom side]

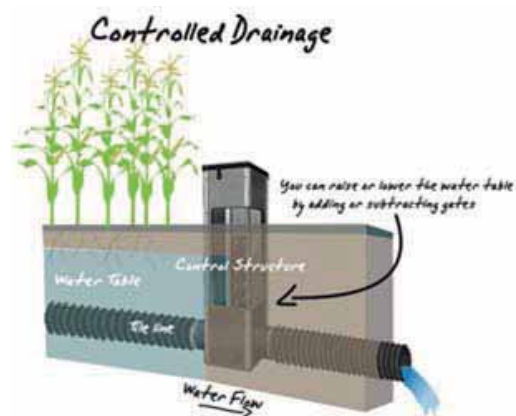
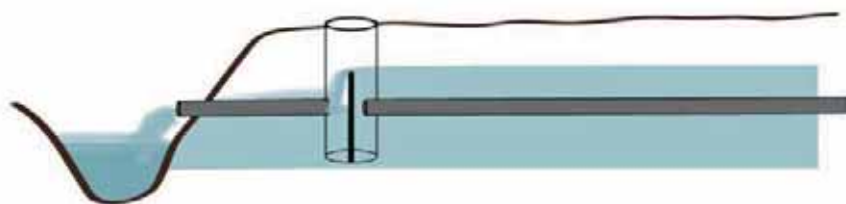


## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Opmagasinering af vand ved kontrolleret dræning



## VANDFORVALTER



### Resumé

Landmanden som Vandforvalter ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land.

Et muligt virkemiddel kunne være at benytte "kontrolleret dræning" til at tilbageholde vand i det frie volumen i jorden, der ofte eksisterer i zonen over fuld vandmætning. Virkemidlet fungerer ved, at drænsystemer "styres" til at afvande jorden til en højere vandspejlshøjde end niveauet for drænenes placering. Dette gøres via hævebrønde, hvor vandspejlet i marken reguleres via et overløb. Virkemidlet vil potentielt kunne tilbageholde vand i rodzonen under langvarige nedbørshændelser – men også som buffer ved store nedbørshændelser – såfremt jordens infiltrationskapacitet er stor og jorden ikke er vandmættet (oftest på sandjorde).

## Effekter

### 1. Virkemåde

Jordens "frie" luftfyldte jordvolumen bruges som buffermagasin for overskudsnedbør.

- Tilbageholder vandet i markens øverste ca. 1 m.
- Kan udvikles til at bestå af en række drænanlæg, hvor afvandingsdybden reguleres fra et centralt system. Fjernbetjenes.
- Kan forsinke og reducere transport af vand fra marken til vandløbet.
- Beskytter arealerne nedstrøms og opstrøms, hvor virkemidlet er etableret.

### 2. Sideeffekter

- Øget nitratomsætning (denitrifikation) i den dyrkede mark, og forventes at kunne bruges som virkemiddel til reduktion af nitratudvaskning.

For sandjordsarealer kan virkemidlet også bruges til at regulere afstrømningen i vækstperioden og herved hæve vandspejlet i rodzonen hvorved vandingsbehovet kan reduceres.

## Virkemidlets effekt afhænger af:

- At der er arealer med installeret kontrolleret dræningsystemer eller stemningssystemer i grøfter, der afvander til vandløbet.
- At der udvikles fjernbetjeningsystemer hvorfra reguleringsystemer kan styres fra centralt sted (kommunen eller anden vandmyndighed).
- Virkemidlet benyttes på store flade arealer, hvor det største buffermagasin kan udnyttes.

### Barrierer for implementering

- Størrelsen af egnede relativt flade arealer, der er til rådighed.
- Mulig lodsejermodstand mod projektidéen eller finansieringsmodellen.
- Risikoen for at afgrøden ødelægges under længerevarende opmagasinering.
- Risikoen for sedimentation i drænsystemet.

### Ideer til at bryde barrierer

- Virkemidlet afprøves og demonstreres i pilotstudier.
- Samarbejde om udpeging af potentielle arealer mellem kommune og landmænd.
- Få vedtaget en holdbar finansieringsmodel, som bl.a. omfatter vedligeholdelse af anlægget.

## Anbefalinger

- Screening for potentielle arealer langs vandløbene og på højbunden, der dræner til vandløbet.
- En fleksibel og brugbar finansieringsmodel for anlægstypen, så det er let for kommunerne at få aftalerne lavet med lodsjerne.

### Mere information

Seniorforsker Christen Duus Børgesen  
 Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet  
 Mail: Christen.borgesen@agrsci.dk



Landskonsulent Søren Kolind Hvid  
 Videncenter for Landbrug  
 Mail: skh@vfl.dk



**VIDENCENTRET FOR LANDBRUG**

[http://www.vfl.dk/Projekter/kontrolleret\\_draening/kontrolleret\\_draening.htm](http://www.vfl.dk/Projekter/kontrolleret_draening/kontrolleret_draening.htm)

Netværksprojektet Landmanden som vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

## Opmagasinering af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Management af afstrømningskoefficient og "peak flow faktor"



## VANDFORVALTER



### Resumé

*Landmanden som Vandforvalter* ser perspektiver i klimatilpasningstiltag i det åbne land. Et muligt virkemiddel er at ændre arealanvendelsen og jordbearbejdningen, så afstrømningskoefficienter og dermed "peak flow faktor" reduceres.

Peak Flow (PF) faktoren angiver forholdet mellem en karakteristisk maksimum-afstrømning (f.eks. en 20 års døgn max afstrømning) for en ændret arealanvendelse og overflade-bearbejdning, i forhold til valgt reference (f.eks. nuværende). PF faktoren bestemmes ud fra aggregerede afstrømningskoefficienter og/eller ud fra en fysisk baseret hydrologisk model for oplandet.

## Effekter

### 1. Virkemåde

Reducerer maksimum-afstrømning ved øget magasinering, infiltration eller fordampning, i forhold til nuværende arealanvendelse og jordbearbejdning.

- Fokus på ændring af areal-anvendelse med høj afstrømningskoefficient mod arealanvendelser med lavere afstrømningskoefficient (reduceret PF faktor dvs. udligning af klimafaktoren).
- Reduceret jordbearbejdning ("conservation tillage" dvs. undlader at pløje, som giver øget humus).

### 2. Sideeffekter

- Øget tilbageholdelse af næringsstoffer, især partikelbundet fosfor.
- Reduceret jorderosion og forbedret afvandingsevne.
- Reduktion af sedimenttransport (sand) til vandløb.
- Øget grundvandsdannelse og minimumsvandføring (såfremt fordampningen ikke øges som følge af større fordampningstab).
- Nedmuldning af halm i stedet for bortkørsel til kraft-varme.

## Virkemidlets effekt afhænger af:

- Konkrete topografiske, hydrologiske og jordbundsmæssige forhold, samt antropogene fx byområder og befæstede areal, samt oplandets størrelse.
- Virkemidlet kræver, at opstrøms lodsejere er indstillede på at ændre arealanvendelse og overfladebearbejdning, i retning af lavere afstrømningskoefficienter, men virkemidlet kan samtidig reducere risiko for oversvømmelser langs vandløb for nedstrøms lodsejere og i byområder.
- Udvikling af en forretningsmodel, som beskriver den betaling, den opstrøms lodsejer skal modtage for at ændre fra høj til lavere afstrømningskoefficient.

### Barrierer for implementering

- Lodsejermodstand mod projektideen.
- Manglende finansieringsmodel for lodsejerne.
- Manglende viden om afstrømningskoefficienter.
- Det tager tid at lære ikke at pløje og samtidig opnå et højt udbytte.

### Ideer til at bryde barrierer

- Brug viden om afledte positive effekter på sedimenttransport til vandløb, overfladebetinget næringsstoftransport til vandløb, øget humusindhold, og øget grundvandsdannelse (multifunktionelle løsninger på de arealer, som giver mest samlet effekt).

## Anbefalinger

- Få oprettet en fleksibel og brugbar finansieringsmodel, så det er let for kommunerne at få aftalerne igennem med lodsejerne.
- Der er et stort forskningsbehov omkring effekter af jordbearbejdning og arealanvendelse i forhold til hydrologiske effekter, og evt. udbyttetab ved "conservation tillage".
- Der er behov for oplandsstudier og demonstrationsprojekter på forskellig skala, hvor effekter på vandkredsløb og maksimumafstrømning monitoreres og modelleres.

### Mere information

Seniorforsker Torben Sonnenborg

GEUS

Mail: [tso@geus.dk](mailto:tso@geus.dk)



GEUS

Netværksprojektet Landmanden som vandforvalter er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP) under Fødevareministeriet. Primære partnere er: Aarhus Universitets afdelinger for Bioscience og Agroøkologi, DHI, GEUS, Heden & Fjorden, LMO, Orbicon samt Videncentret for Landbrug. Se mere på: [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)



VANDFORVALTER

[www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

## Opmagasinerings af vand i vådområder og andre steder i det åbne land

### Vandtilbageholdelse i ådale – Brendstrupkilen case område



## VANDFORVALTER

### Resume

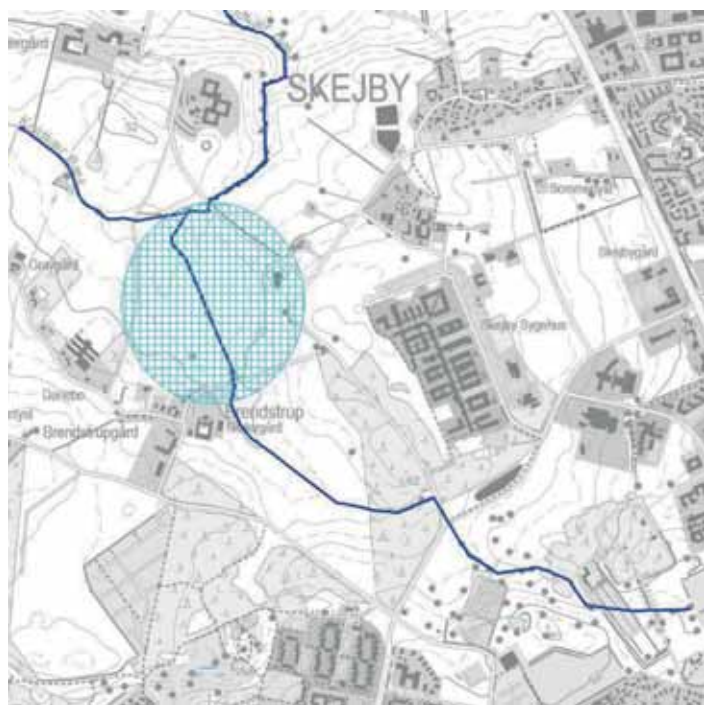
Skybrud har i de senere år medført oversvømmelser af byområder flere steder. De store mængder regnvand stiller krav om kontrolleret afledning til vandløbene for at undgå oversvømmelser. Ådale kan i denne sammenhæng bruges til opmagasinerings af vand, så risikoen for oversvømmelser nedsættes. Orbicon har i samarbejde med Århus Kommune udarbejdet et forslag til skybruds-bassiner i Brendstrupkilen. Princippet vil også kunne anvendes andre steder til at minimere risikoen for oversvømmelser der, hvor det vil have meget store konsekvenser- f.eks. i byområder eller særlig værdifuld landbrugsjord eller natur.

### Området

Brendstrupkilen ligger i Skejby i det nordlige Århus (se figur 1). Området, som i dag er i omdrift, er naturligt skrånende og gennemskæres af et reguleret vandløb med stort fald. Vandet fra det 6 km<sup>2</sup> store opland fortsætter ud i Koldkær Bæk og videre ud i Egåen på vej mod Århus Bugt. Omkring Egå er der ved skybrud store udfordringer med oversvømmelser.

### Opmagasinerings af vand

Brendstrupkilen kan beskytte arealerne omkring Egåen mod konsekvenserne af pludselige og meget store vandføringer og samtidig sikre vandløbet mod erosion ved store afstrømninger.

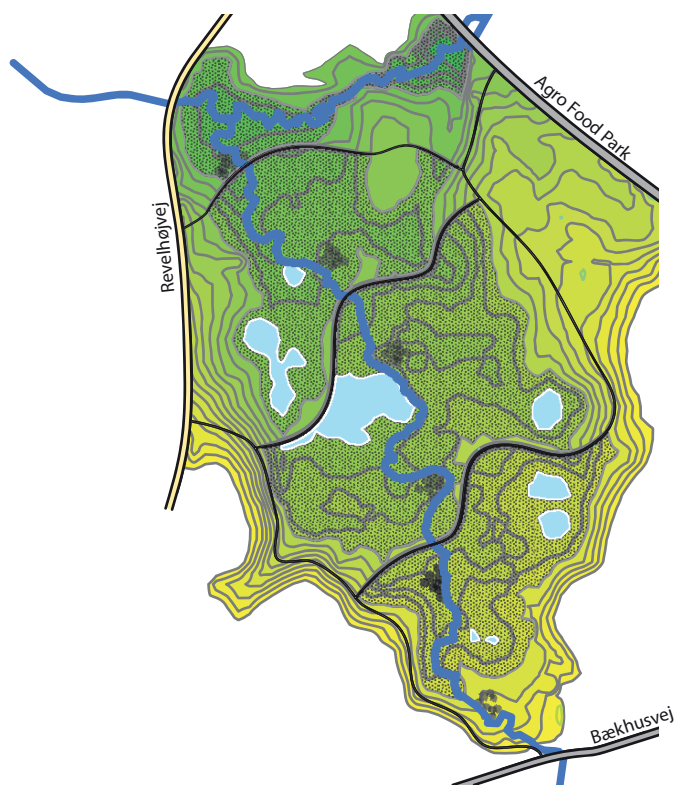


Figur 1. Oversigtskort (ovenfor) samt billede af området (til højre).



## Virkemåde og effekt

Den kileformede ådals naturlige hældning gør området oplagt til opmagasinering af vand. Ved at etablere tre kunstige barrierer på tværs af ådalen skabes tre bassiner, hvor vandet kan opmagasineres ved skybrud (se figur 2 og 3). Vandløbet føres gennem barriererne i rør. Rørenes dimension tillader, at en almindelig vandføring løber uhindret igennem. Når vandføringen i vandløbet stiger, vil rørene bremse afstrømningen, indtil der er stuvet så meget vand op, at det løber hen over barrieren. Et ad gangen vil de tre bassiner fyldes. På den måde bliver den maksimale vandføring i vandløbet mindre, og risikoen for oversvømmelser mindskes (se figur 4).



Brendstrupkilen i tørvejr

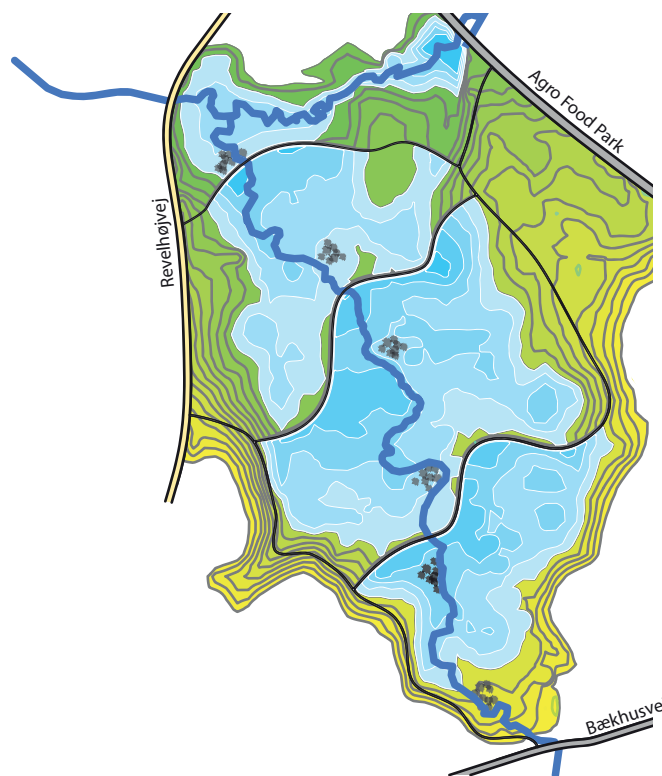
Figur 2.

### Hvad sker der med arealanvendelsen?

I eksemplet fra Århus viser illustrationen, hvordan området vil tage sig ud som grønt område med et genslynget vandløb. Men Brendstrupkilen i tørvejr behøver ikke at være sådan. Der er (mindst) to strategier for arealanvendelsen:

#### 1) Landbrugsdriften fortsætter

Selvom vi muligvis i fremtiden vil se kraftigere/hyppigere regnskyld end i dag, vil behovet for at forsinke store mængder regnvand opstå forholdsvis sjældent i det enkelte opland. Resten af tiden kan arealernes afvandingstilstand holdes uændret. Derfor er det i vid udstrækning muligt at fortsætte en afgrøde, som giver økonomisk værdi og samtidig tåler en periodisk oversvømmelse, f.eks. energipil. Der skal arbejdes med en forretningsmodel, hvor lodsejeren bliver betalt for den service, han leverer ved at stille jorden til rådighed for periodisk oversvømmelse.

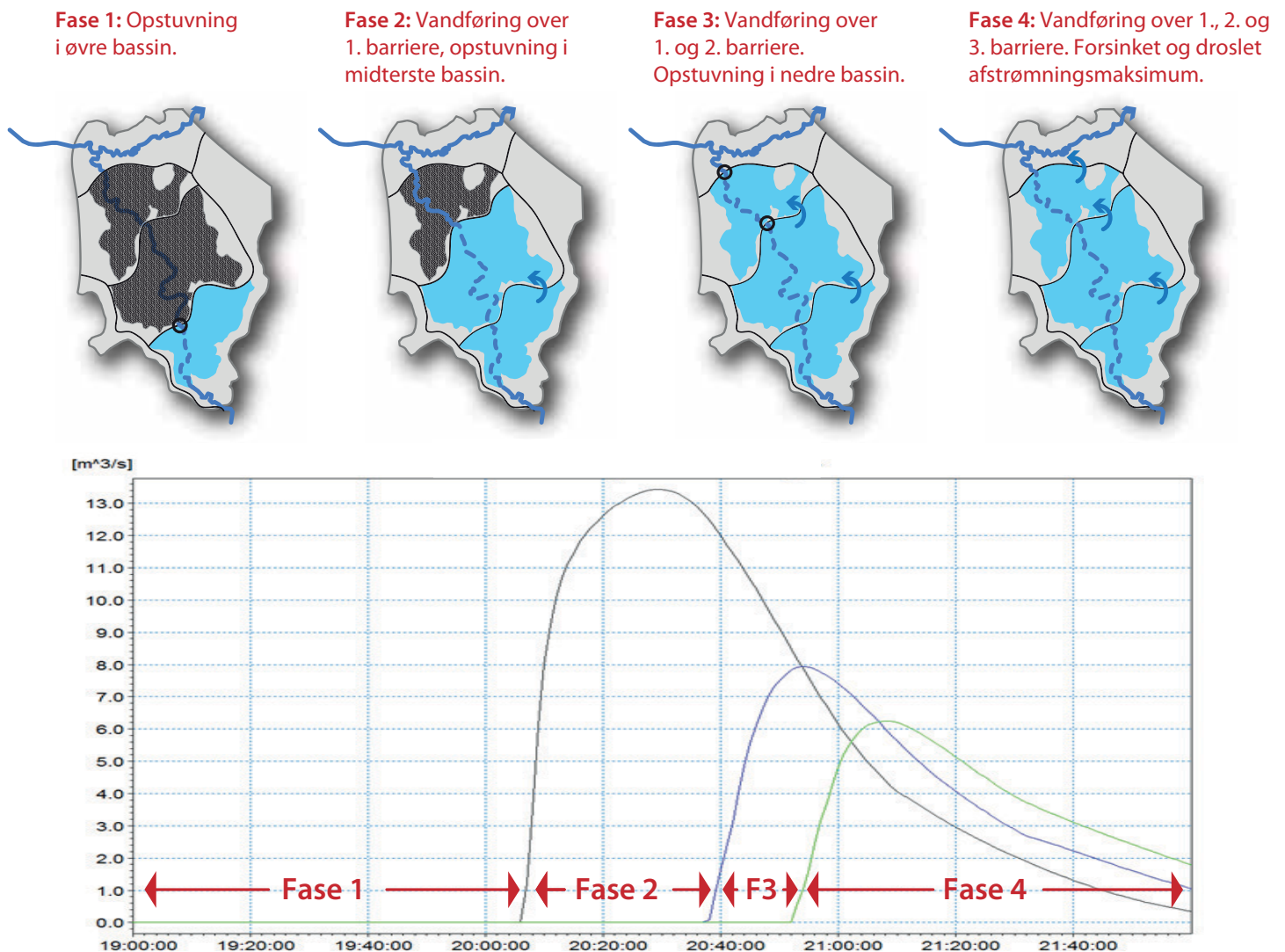


Brendstrupkilen under skybrud

Figur 3.

## 2) Arealerne omlægges til natur

Nogle af de lavtliggende arealer i ådalene er allerede i dag vandlidende, og den økonomiske værdi for lodsejeren er måske begrænset. I den situation kan det være mere oplagt at lade området udvikle sig til et naturområde. Særligt i bynære områder vil det være interessant, fordi der kan udvikles spændende, rekreative muligheder.



Figur 4v .





## Potentialer

### For samfundet:

- Når vandet forsinkes, bliver den maksimale afstrømning ved kraftig regn mindre, og derfor nedsættes risikoen for oversvømmelser.
- Mulighed for nye, rekreative områder.

### For landbruget:

- Landbrugsdriften kan fortsætte med afgrøder, der tåler periodisk oversvømmelse.
- Vandlidende områder, som alligevel ikke kan dyrkes, kan omlægges til natur.

### For naturen:

- Bedre fysiske forhold i vandløbet, fordi de store afstrømnings skadelige effekt mindskes.
- Der kan etableres nye naturområder.
- Øget tilbageholdelse af næringsstoffer, især partikelbundet fosfor, hvilket vil gavne vandmiljøet.

## Udfordringer

Der skal udvikles en forretningsmodel, som beskriver den betaling, lodsejeren skal modtage for at stille jorden til rådighed for periodiske oversvømmelser. Hvis projektet skal etableres i en større ådal med tilsvarende større effekt, kræver det, at mange lodsejere skal være enige om at deltage i et projekt.

### Anbefalinger til lovgivning, forskning og proces

- Der udarbejdes mulighedskort for potentielle ådale, hvor virkemidlet kan anvendes.

- Udnyt at værktøjet er fleksibelt, da barriererne kan dimensioneres til en ønsket regnhændelse og at landbrugsarealerne i mange tilfælde kan bruges uændret.
- Bestemmelserne for anlæggene føres ind i regulativerne for vandløbene.
- En fleksibel og brugbar finansieringsmodel for anlægstypen, så det er let for kommunerne at lave aftaler med lodsejerne.

## Landmanden som Vandforvalter

Landmanden som Vandforvalter lægger op til at ændre måden, vi håndterer vores miljøudfordringer på. Det gøres bedst i et samspil mellem kommuner, landbruget og eksperter, hvor man bringer de forskellige aktørers viden i spil. På den måde kan vi finde løsninger, som gavner alle involverede: Landmanden skal kunne indtænke klimatilpasning som nyt forretningsområde - og byerne vil mindske risikoen for store udgifter til genopretning.

[www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk)

### Mere information

Henrik Vest Sørensen  
Orbicon  
Mail: [vest@orbicon.dk](mailto:vest@orbicon.dk)



## LANDMANDEN SOM VANDFORVALTER

Løsningsmodeller for klimatilpasning – kommunale inspirationsværktøjer og nyt forretningsområde for landbruget

Klimaforandringerne og ønsket om en renere og mere forskelligartet natur stiller nye teknologiske krav til planlægning og forvaltning af landskabet. Netværket Landmanden som Vandforvalter ser de danske landmænd som en central del af løsningen. Landmændene har erfaring med afvandingsforhold og kan f.eks. via kontrollerede oversvømmelser og vandophobning i områder, hvor det er foreneligt med deres produktion, bidrage til at forhindre oversvømmelser i byerne, hvor det er vanskeligt og dyrt at gardere sig mod regnen. Resultaterne af netværksarbejdet kan findes på netværkets hjemmeside [www.vandforvalter.dk](http://www.vandforvalter.dk).



VANDFORVALTER



ISBN: 978-87-7156-085-5

ISSN: 2244-999X